जल : जीवन का आधार

लोकोपयोगी विज्ञान

जल
जीवन का आधार

लेखन एवं अनुवाद
कृष्ण कुमार मिश्र

नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया

ISBN 81-237-3583-9

पहला संस्करण : 2001 *(शक 1923)*

Water : The Matrix of Life *(Hindi)*

रु. 30.00

निदेशक, नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया
ए-5, ग्रीन पार्क, नयी दिल्ली-110016 द्वारा प्रकाशित

माता-पिता

को

समर्पित

विषय-सूची

आमुख

हमारे सामान्य से सामान्य अनुभवों में भी रहस्य छिपा होता है जिसे केवल विज्ञान ही उद्‌घाटित कर सकता है। किसी व्यक्ति के मानस में कौंधने वाले साधारण से साधारण प्रश्न में भी गहरा वैज्ञानिक परिज्ञान होता है। मानव सदैव से इन सबसे विस्मित जरूर रहा होगा जैसे कि सूर्य को शक्ति कहां से मिलती है, आसमान नीला क्यों दिखायी देता है, क्या कारण है कि हवा अक्रिय है लेकिन हाइड्रोजन ज्वलनशील होती है, मधुमक्खियों द्वारा सुंदर और कलात्मक छत्ता बनाने के पीछे कौन-सी प्रेरणा है, इत्यादि। ऐसे कुछ जाने-पहचाने प्रश्नों के संतोषजनक उत्तर ढूंढ़ने के पीछे अनेक लोगों की सदियों के श्रमसाध्य प्रयासों की भूमिका रही है।

विश्व में शायद ही कोई वस्तु ऐसी होगी जो पानी से भी ज्यादा आम हो। हम पानी के आश्चर्यजनक गुणों को प्रायः गंभीरता से नहीं लेते। वास्तव में यह एक उत्कृष्ट विलायक है और काफी अधिक तापमान तक द्रव अवस्था में बना रहता है। इसे गरम करने तथा उबालने के लिए काफी ऊष्मा की जरूरत होती है। सबसे असंगत तथ्य यह है कि इसकी ठोस अवस्था अर्थात बर्फ द्रव (जल) की अपेक्षा हलकी होती है। लेकिन पानी के इन्हीं तथा ऐसे ही अनेक विलक्षण गुणों के कारण ही न केवल पृथ्वी पर जीवन है बल्कि इन्हीं के चलते धरती पर जीवन का उद्‌भव एवं विकास भी हुआ है।

पानी की इस आश्चर्यजनक भूमिका के पीछे आखिर क्या है? जल 'जीवन का आधार' क्यों है? प्रस्तुत पुस्तक ऐसे ही स्वाभाविक प्रश्नों में निहित विज्ञान की एक झलक देती है। पता चला है कि पानी के असामान्य गुणों का महत्वपूर्ण कारण है उनके अणुओं के बीच लगने वाला अंतर - आणविक बल, जिसे हाइड्रोजन बंध कहते हैं। हालांकि पानी के हाइड्रोजन बंध कमजोर होते हैं, लेकिन पानी के गुणधर्म एवं विशिष्ट व्यवहार के पीछे इनकी अहम भूमिका होती है।

पुस्तक की विषय-वस्तु रुचिकर और पठनीय है। लेखक ने इसे बड़े रोचक

ढंग से प्रस्तुत किया है। इस लोकोपयोगी प्रस्तुतीकरण में सभी तकनीकी प्रश्नों के उत्तर दिए जाने संभव नहीं हैं लेकिन आशा है कि यह पुस्तक प्रकृति के इस सर्वव्यापी आश्चर्य के बारे में और गहराई से जानने की पाठकों की पिपासा जरूर बढ़ाएगी।

होमी भाभा विज्ञान शिक्षण केंद्र
टाटा मौलिक अनुसंधान संस्थान
मुंबई

प्रो. अरविन्द कुमार
निदेशक

प्रस्तावना

जल जीवन का आधार है। सचमुच जल के बिना जीवन की कल्पना नहीं की जा सकती। इसीलिए तो कहते हैं 'जल ही जीवन है'। पानी की महत्ता को हमारे पूर्वज भी अच्छी तरह जानते थे। जीवन के लिए इसकी आवश्यकता और उपयोगिता का हमारी तमाम प्राचीन पुस्तकों एवं धार्मिक कृतियों में व्यापक उल्लेख मिलता है। पानी के महत्व का वर्णन वेदों और दूसरी अन्य रचनाओं में भी मिलता है। मानव को हमेशा से ज्ञात रहा है कि हवा (प्राणवायु, जिसे हम आक्सीजन के रूप में जानते हैं) और पानी जीवन की दो सबसे बड़ी आवश्यकताएं हैं। फिर भी पानी के वैज्ञानिक तथ्यों से बहुत कम लोग परिचित हैं। पानी एक तरह से प्रकृति का विलक्षण यौगिक है।

पानी प्रत्येक जीव के लिए उतना ही अहम है चाहे वह कोई सूक्ष्म जीवाणु हो या फिर भारी भरकम हाथी। जैविक प्रक्रियाओं का पूरा रसायन एक तरह से कार्बन के यौगिकों का जलीय रसायन है। इन यौगिकों को जैवकार्बनिक यौगिक कहते हैं। हालांकि देखने में पानी एक साधारण यौगिक प्रतीत होता है लेकिन यह अपने आप में अनेक असाधारण तथ्य छिपाए है। शोधकर्ता इन तथ्यों का अभी भी पता लगा रहे हैं। जीवन का उद्भव और विकास पानी के इन्हीं विशिष्ट गुणों के कारण हुआ है। हम धरती पर इसलिए हैं क्योंकि यहां पानी मौजूद है। आज से लगभग साढ़े तीन अरब वर्ष पहले धरती पर आक्सीजन की मात्रा नगण्य थी और जीवन के उषाकाल में यहां की परिस्थितियां आज की तरह नहीं थीं। बाद में नीलहरित शैवाल जैसे एककोशिकीय जीवों द्वारा वातावरण में आक्सीजन छोड़ी गयी। जीवन की उत्पत्ति के लाखों-करोड़ों वर्ष बाद आक्सीजन की पर्याप्त उपलब्धता से धरती पर आक्सीजन पर आधारित बहुकोशिकीय जीव विकसित हुए।

इस पुस्तक में मेरा अभिप्राय पानी के विशिष्ट गुणों तथा जीवन के उद्भव, विकास और उसे बरकरार रखने में उसकी अहम भूमिका का सरलता से वर्णन करना है। प्रकृति के इस सर्वसाधारण पदार्थ के पीछे बड़ा ही रुचिकर विज्ञान है। आशा है, पुस्तक को आप रुचिकर एवं सूचनाप्रद पायेंगे।

जनवरी 2001 **कृष्ण कुमार मिश्र**

आभार

मैं प्रो. अरविन्द कुमार के प्रति बहुत आभारी हूं जिन्होंने पुस्तक लेखन के दौरान निरंतर मेरा उत्साहवर्द्धन किया। उन्होंने पुस्तक को आद्योपांत पढ़ा और अनेक महत्वपूर्ण सुझाव दिये तथा पुस्तक का आमुख भी लिखा। होमी भाभा केंद्र के अपने सहकर्मियों विशेष रूप से डा. पोरस लकड़ावाला तथा डा. (श्रीमती) बी.एस. महाजन के प्रति मैं आभारी हूं जिन्होंने इस पुस्तक के बारे में कई रचनात्मक सुझाव दिये। पानी के बारे में कुछ रोचक जानकारी उपलब्ध कराने के लिए मैं डा. देबब्रत गोस्वामी (टी.आई.एफ.आर.) का भी आभारी हूं। पुस्तक के व्यंग्यचित्र एवं उसकी सुंदर साजसज्जा के लिए मैं जयदेव दासगुप्ता के प्रति आभारी हूं। अंत में मैं श्रीमती मंजु गुप्ता (नेशनल बुक ट्रस्ट, इंडिया) के प्रति आभार व्यक्त करना चाहूंगा जिन्होंने पुस्तक लेखन के दौरान हर संभव संपादकीय सहयोग दिया।

कृष्ण कुमार मिश्र



पौराणिक साहित्य में वर्णित प्रलयकालिक जलाप्लावन का एक काल्पनिक दृश्य।

हिमगिरि के उत्तुंग शिखर पर,
बैठ शिला की शीतल छांह।
एक पुरुष भीगे नयनों से,
देख रहा था प्रलय प्रवाह ॥

नीचे जल था, ऊपर हिम था,
एक तरल था, एक सघन।
एक तत्त्व की ही प्रधानता,
कहो उसे जड़ या चेतन ॥

(जयशंकर प्रसाद की कृति 'कामायनी' से उद्धृत)

1

परिचय

जीवन (मानव जीवन सहित) मामूली घटकों एवं साधारण बलों पर आधारित व्यापक संगठन का परिणाम है।

—जी.ई. पैलाडे

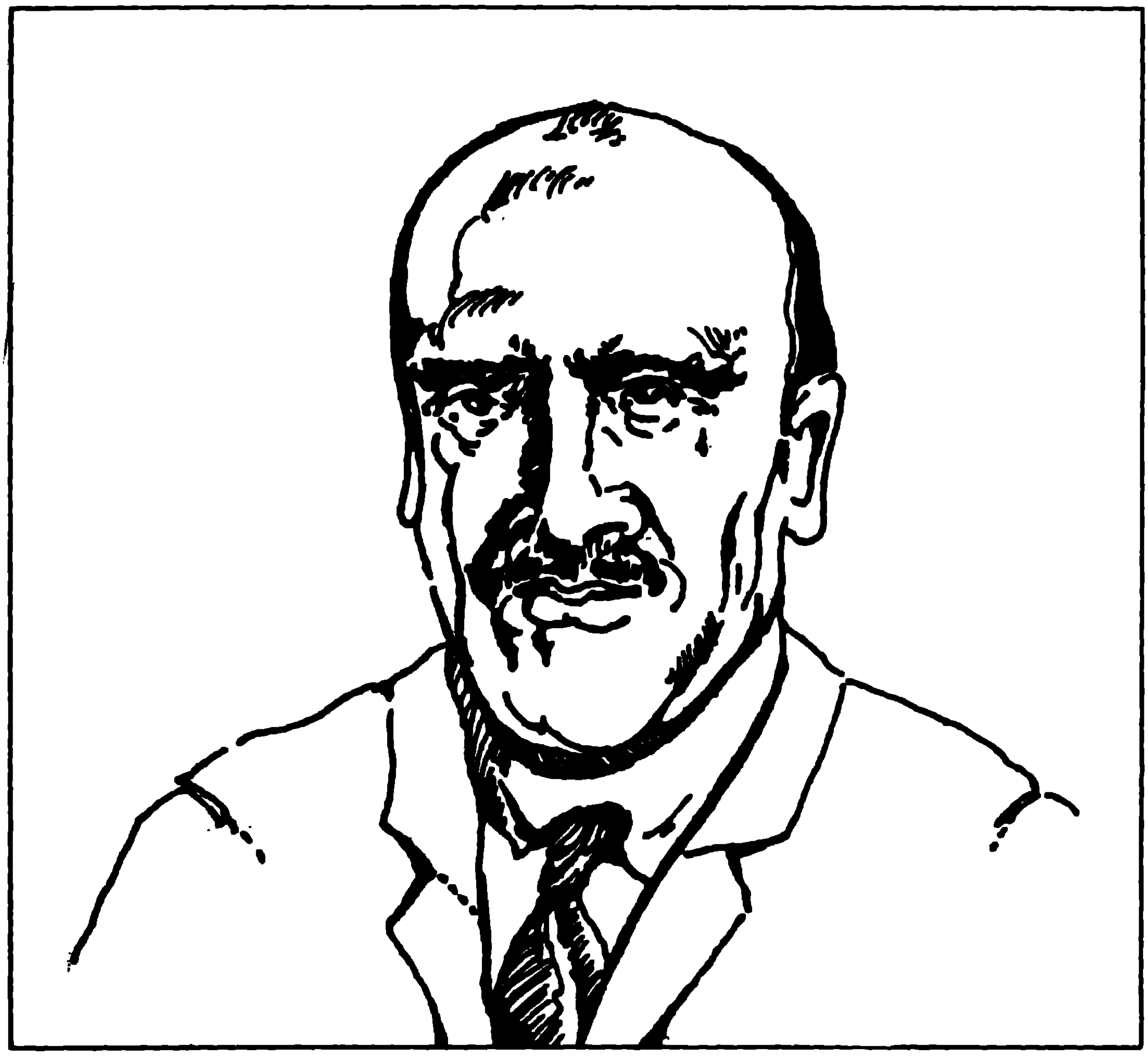
जैसा कि हम जानते हैं, धरती पर मौजूद सभी पदार्थों में पानी सबसे साधारण, सबसे अहम् और सबसे आश्चर्यजनक है, फिर भी अधिकतर लोग इसके बारे में बहुत कम जानते हैं।

—थामस किंग

जल जीवन का आधार है।

—अल्बर्ट वॉन जेंट ग्योर्गी

प्रख्यात वैज्ञानिक एवं जाने-माने लोकप्रिय विज्ञान लेखक **जे.बी.एस. हाल्डेन** (1892-1964) ने भी एक बार हंसी-हंसी में कहा था कि कैंटरबरी के आर्चबिशप भी 65 प्रतिशत पानी हैं। वैसे सरसरी तौर पर उनकी यह बात हलकी-फुलकी लग सकती है, लेकिन यदि उनकी बात पर गौर करें तो पायेंगे कि उन्होंने एक बड़ी बात कही थी जो एक वैज्ञानिक सत्य है। हाल्डेन के कहने का तात्पर्य यह था कि हर जीव चाहे वह छोटा हो या बड़ा, पानी तथा पानी जैसे ही दूसरे साधारण रसायनों से बना है जो सजीव भी हो सकते हैं और नहीं भी। सजीवों के संघटन का दो-तिहाई से तीन-चौथाई भाग पानी ही होता है। प्रश्न उठता है कि यदि सजीवों की तरह तमाम दूसरी वस्तुएं भी पानी तथा अन्य रसायनों से बनी होती हैं तो फिर कुछ चीजें सजीव, तो कुछ निर्जीव क्यों होती हैं? आर्चबिशप 65 प्रतिशत पानी होकर सजीव हैं, जबकि एक गिलास पानी जो सौ प्रतिशत पानी होता है, सजीव न होकर निर्जीव होता है। संघटन के स्तर पर सजीवों और निर्जीवों में ऐसी क्या भिन्नता है जिनके आधार पर कुछ चीजें सजीव होती हैं तो कुछ निर्जीव? कोई वस्तु पदार्थ से ही बनी होती है और पदार्थ की सबसे छोटी रचनात्मक इकाई परमाणु है। फिर सजीव और निर्जीव का भेद किस आधार पर किया जाता है? दरअसल ये परमाणु कुछ विशिष्ट



चित्र 1 : जे.बी.एस. हाल्डेन।

तरीकों से व्यवस्थित होकर ऐसा व्यवहार करते हैं कि उस वस्तु को सजीव कहा जाता है। जबकि उन्हीं परमाणुओं से बनी दूसरी वस्तुओं को सजीव नहीं माना जाता। तो फिर सजीवों और निर्जीवों में भेद का आधार क्या है? कब कोई वस्तु सजीव होगी और कब निर्जीव?

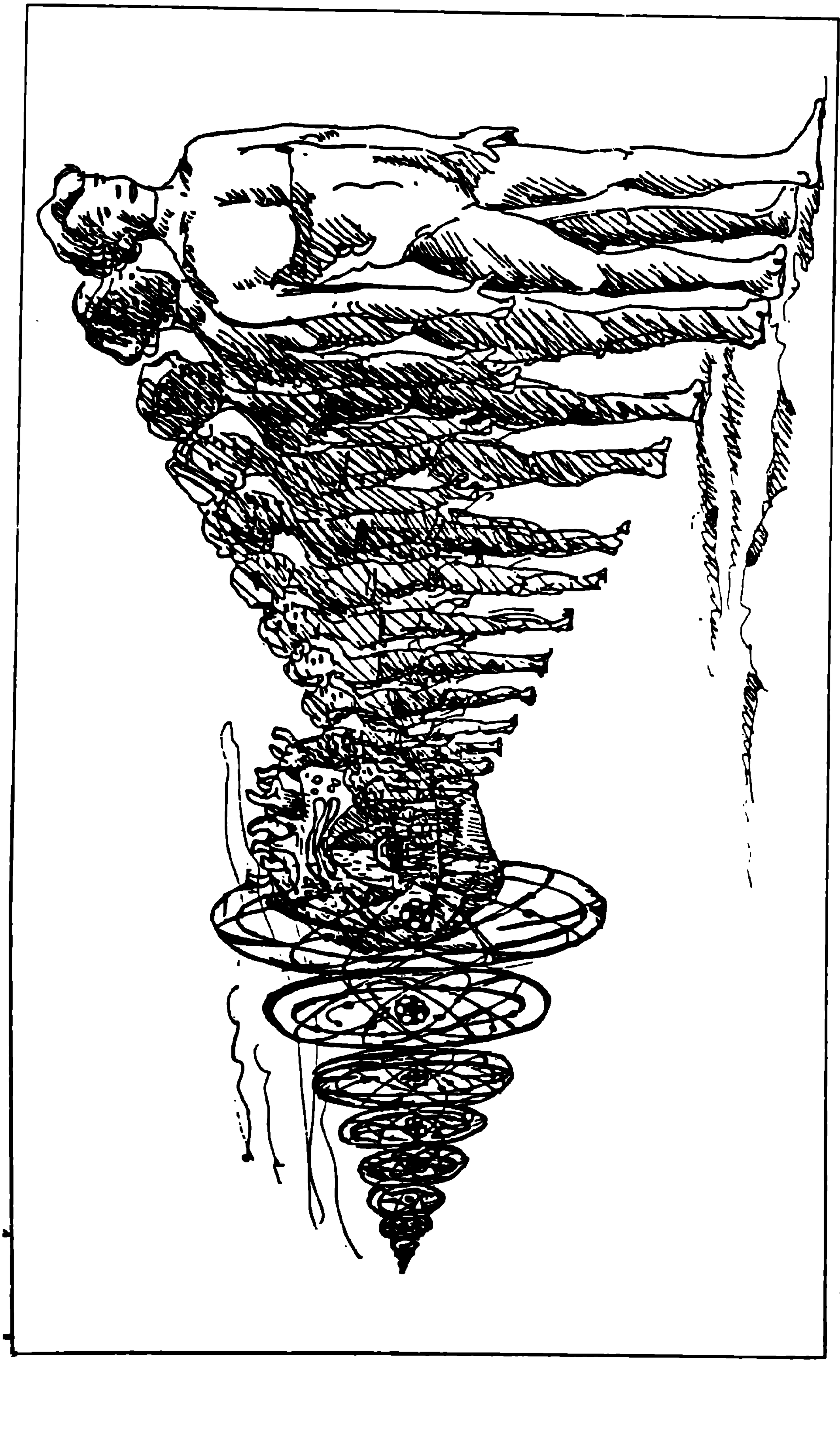
जीवन क्या है? इसे अभी सही तौर पर परिभाषित नहीं किया जा सका है। वास्तव में जीवन एक अबूझ पहेली है। जीवन के बारे में वैज्ञानिक भी अंतिम तौर पर कुछ कह पाने में सक्षम नहीं हैं। हां, जीवन के लक्षण और गुण जरूर चिह्नित किये जा सके हैं। और जब ये लक्षण और गुण किसी वस्तु में मौजूद होते हैं तो हम कहते हैं कि वह वस्तु सजीव है। इनकी अनुपस्थिति में वह चीज निर्जीव कहलाती है। इसलिए वैज्ञानिक प्रायः जीवन की बात न करके सजीव और निर्जीव को परिभाषित करते हैं और उसी परिप्रेक्ष्य में इनका उल्लेख भी करते हैं। सर्वाधिक मान्य परिभाषा के अनुसार—"सजीव वस्तु भौतिक और रासायनिक तौर पर परिभाषित एक



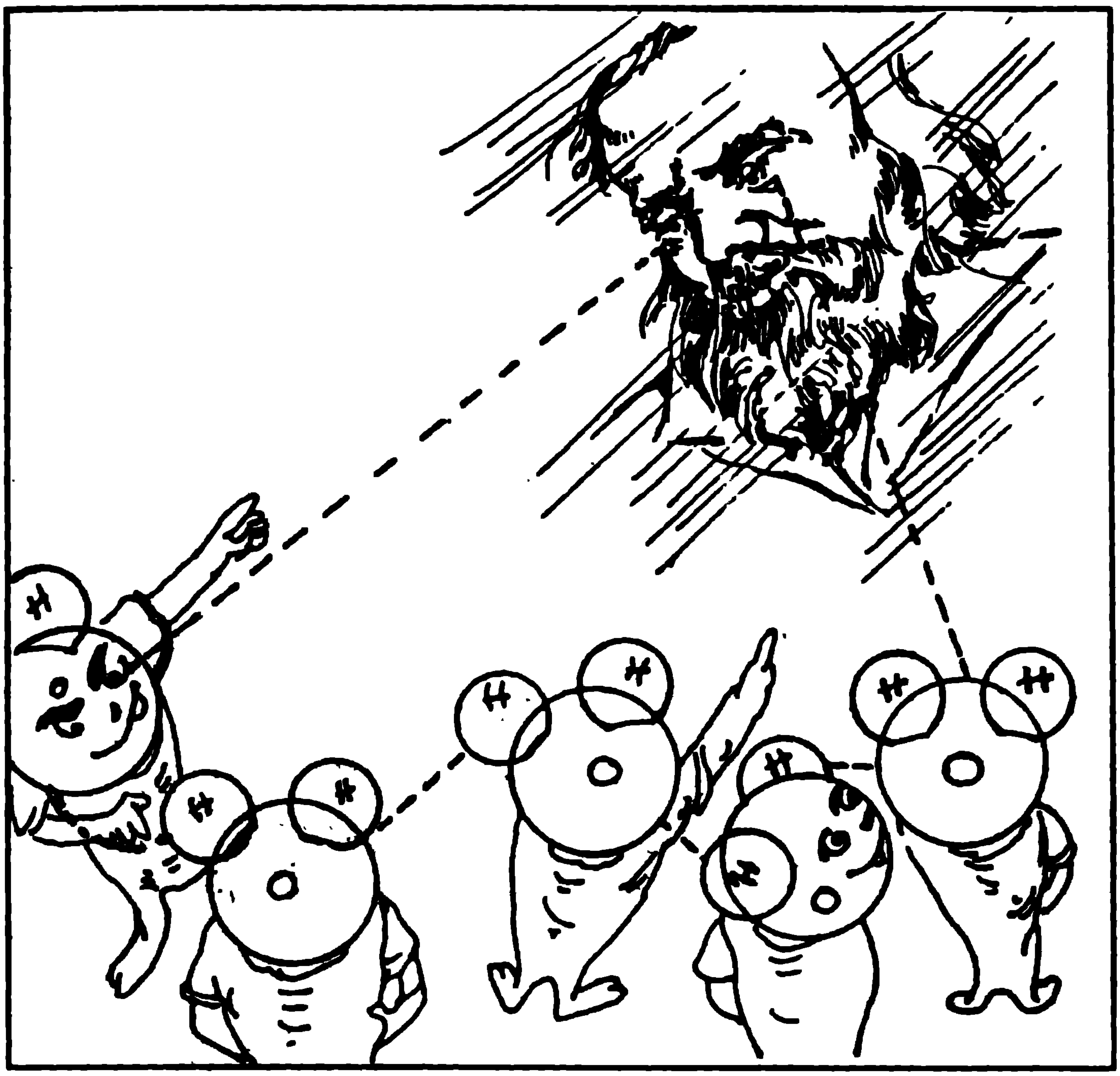
चित्र 2 : आर्चबिशप एवं पानी से भरा गिलास, अंतर कुछ प्रतिशत पानी का।

संरचना है जो अत्यधिक व्यवस्थित, स्वनिर्देशित और जटिल होती है तथा वह अपनी वृद्धि और विकास के लिए आसपास के वातावरण में मौजूद पदार्थ और ऊर्जा का उपयोग करने में सक्षम होती है।" एक गिलास पानी सजीव नहीं है क्योंकि वह अपने आसपास के पदार्थ ओर ऊर्जा का उपयोग नहीं कर सकता जबकि आर्चबिशप सजीव हैं क्योंकि वे अपने चारों ओर मौजूद चीजों का उपयोग करने में समर्थ हैं। किसी सजीव की सबसे छोटी संरचनात्मक इकाई कोशिका होती है जिसे सही-सही अर्थो में सजीव कहा जाना चाहिए। अणुओं-परमाणुओं के मध्य अन्योन्यक्रिया ही सजीव के लक्षण दर्शाती है। अन्योन्यक्रिया के संपादन के लिए एक माध्यम की जरूरत होती है। यह माध्यम पानी होता है। नोबेल पुरस्कार विजेता जीववैज्ञानिक **अल्बर्ट वॉन जेंट ग्योर्ग्गी** ने पानी को 'जीवन का माध्यम' कहा क्योंकि जीवन पानी में पैदा होता है और उसी में विकसित होता है।

हाल्डेन ने 1929 में बताया कि हमारे शरीर में लगभग जितनी कोशिकायें होती हैं उतनी ही एक कोशिका में मौजूद परमाणुओं की संख्या होती है। मानव शरीर में लगभग साठ हजार खरब कोशिकायें होती हैं। हम यह भी जानते हैं कि परमाणु स्वयं में निर्जीव होते हैं। ये निर्जीव परमाणु ही मिलकर जीव का निर्माण करते हैं। अतः हाल्डेन ने बताया कि सजीव और निर्जीव के बीच की विभाजक रेखा, कोशिका और परमाणु के बीच जीवन का रिश्ता जन्म के बाद भी पानी से टूटता नहीं है। काव्यात्मक अर्थो में पानी 'जीवन का पालना' है। धरती पर जीवन और पानी का



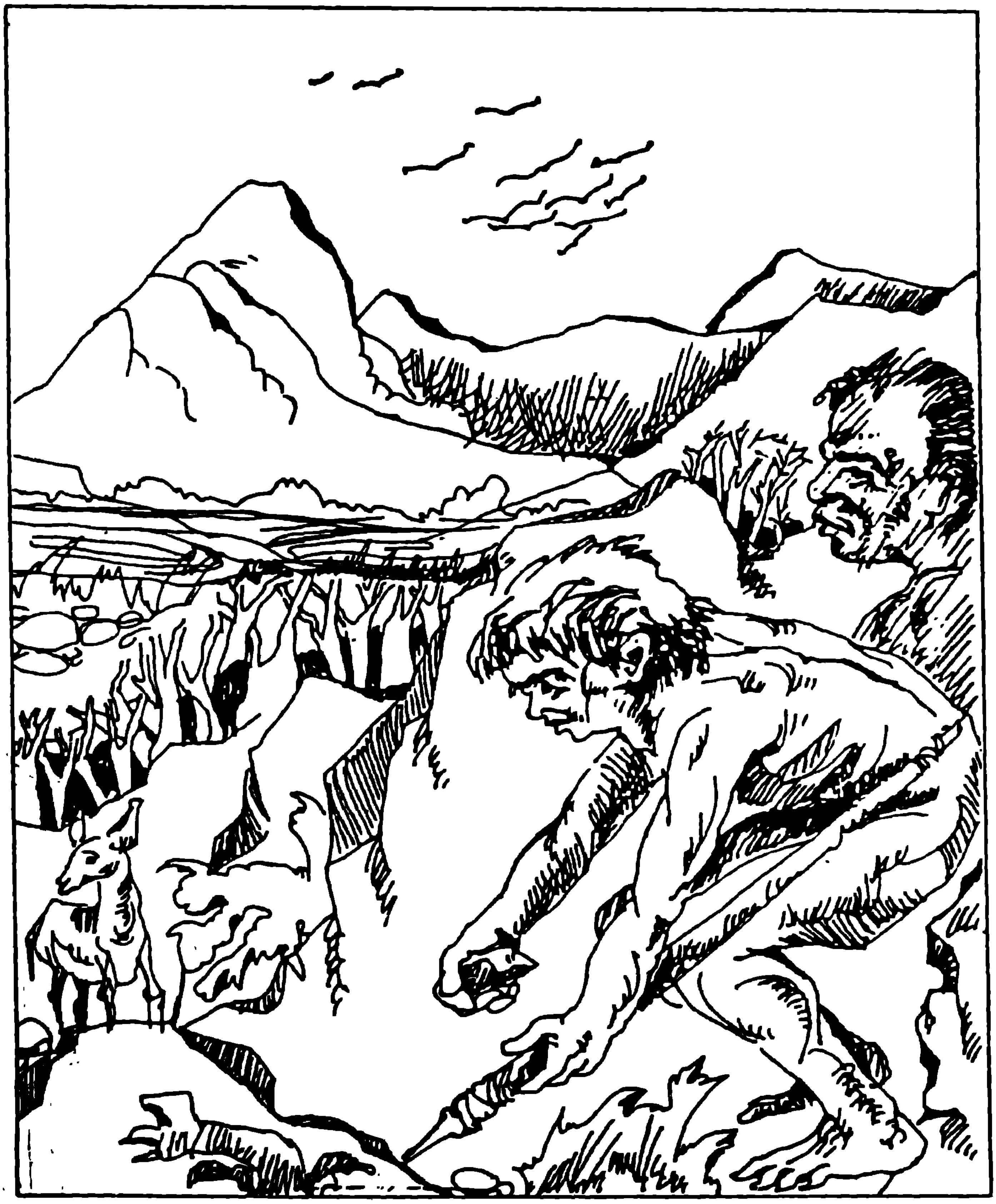
चित्र 3 : प्रत्येक कोशिका में परमाणुओं की संख्या लगभग उतनी ही होती है जितनी की शरीर में मौजूद कोशिकाओं की संख्या।



चित्र 4 : मेंडलीफ महोदय! हमें आपके आवर्ती नियम-कायदों की परवाह नहीं है।

बड़ा नजदीकी रिश्ता है। धरती का तीन-चौथाई हिस्सा पानी से ढका है। पानी के कारण ही वाह्य अंतरिक्ष से देखने पर धरती नीले रंग की दिखायी देती है। इसीलिए धरती को नीला ग्रह भी कहते हैं। वैज्ञानिकों के पास इस बात के काफी प्रमाण हैं कि सर्वप्रथम धरती पर जीवन पानी में ही अस्तित्व में आया। अरबों वर्ष बाद आज भी जीवों की अधिकतर प्रजातियां पानी में ही मिलती हैं। सही अर्थों में कहा जाये तो सागर में जीदों की एक अलग दुनिया ही मौजूद है। इसमें कोई दो राय नहीं कि पानी हमारी धरती पर प्रचुर मात्रा में पाया जाता है तथा कमोबेश यह हर जगह उपलब्ध है। पानी पर अध्ययन भी खूब किया गया है, लेकिन आश्चर्य की बात यह है कि इसके बारे में अर्जित हमारी जानकारी अभी भी काफी सीमित है। चूंकि पानी एक सर्वव्यापी और साधारण यौगिक है इसलिए लोगों में यह आम धारणा होती है कि यह मात्र जगह भरने की वस्तु है और इसमें कुछ विशेष बात नहीं है।

पानी एक रंगहीन, गंधहीन, स्वादहीन और पारदर्शी द्रव है। इसके इन्हीं गुणों से कुछ लोगों को यह लगता रहा है कि पानी अक्रियाशील द्रव है। हालांकि आज हमें ज्ञात है कि पानी अद्भुत गुण-संपन्न यौगिक है और साथ ही यह काफी क्रियाशील भी है। पानी प्रकृति में तीनों रूपों में मिलता है यानी ठोस, द्रव और गैस। कोई दूसरा यौगिक इस तरह से तीनों स्थितियों में नहीं मिलता। ठोस रूप को बर्फ कहते हैं जो शून्य डिग्री सेल्सियस ताप पर या उससे नीचे के ताप पर पाया जाता है। शून्य से 100 डिग्री सेल्सियस तापमान तक पानी द्रव अवस्था में पाया जाता है।



चित्र 5 : सजीवों एवं निर्जीवों की दुनिया

सामान्य वायुमंडलीय दाब पर यह 100 डिग्री सेल्सियस पर उबलने लगता है। यानी भाप या वाष्प में बदल जाता है जिसे हम गैसीय अवस्था कहते हैं। जैसा कि हम जानते हैं कि किसी पदार्थ के गुणधर्म उसकी संरचना पर निर्भर करते हैं। पानी के गुणों की कुंजी उसकी आणविक संरचना में ही निहित है। पानी के विस्मयकारी गुणों से शायद आप यह सोचें कि इसकी संरचना क्लिष्ट होगी। लेकिन वास्तव में ऐसा नहीं है। पानी केवल दो तत्वों से मिलकर बना है—हाइड्रोजन और आक्सीजन। पानी के एक अणु में दो परमाणु हाइड्रोजन के होते हैं और एक परमाणु आक्सीजन का होता है। इस तरह पानी का एक अणु कुल मिलाकर मात्र तीन परमाणुओं से बना होता है। इतना साधारण अणु और उसके गुणों में इतना वैविध्य किसी को भी अचरज में डाल सकता है। पानी के दो अणुओं के बीच एक खास तरह का आकर्षण बल काम करता है जिसे हाइड्रोजन बंध कहते हैं। पानी के विचित्र गुणों का सारा श्रेय इन्हीं हाइड्रोजन बंधों को जाता है। इसके बारे में हम आगे चर्चा करेंगे।

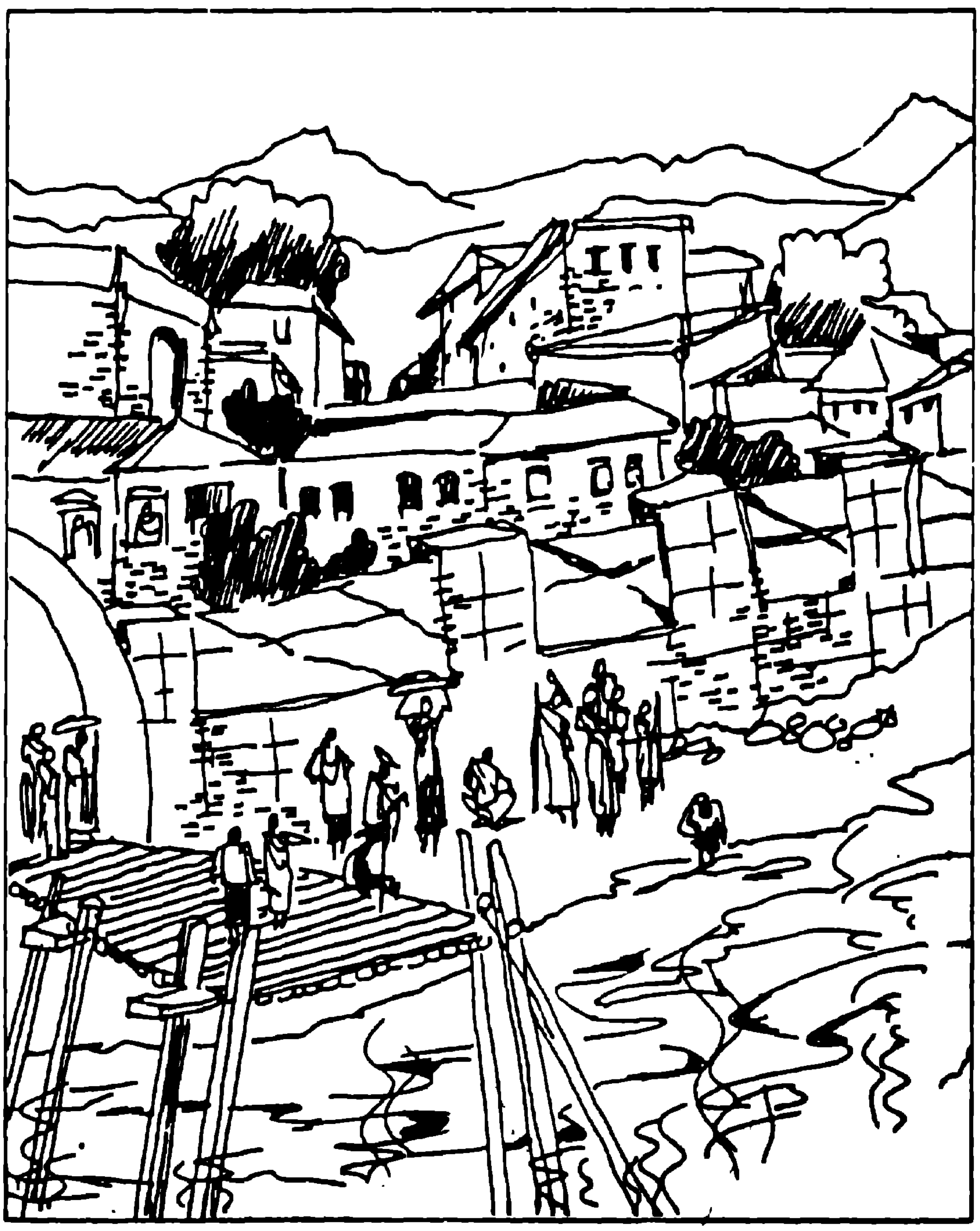
हमारे दैनिक जीवन में पानी की अहम् भूमिका होती है। पानी हमारे भोजन का मुख्य घटक है। हमारा भोजन पानी में ही पकाया जाता है। एक वयस्क आदमी को पीने के लिए प्रतिदिन औसतन 8 गिलास पानी की आवश्यकता होती है। गरमी में पानी की अधिक आवश्यकता होती है। ऐसा इसलिए होता है कि हम कई तरीकों से हमेशा अपने शरीर से पानी त्यागते हैं। नित्यकर्म में शौच और पेशाब द्वारा पानी बाहर निकलता है। हम अपनी त्वचा से निरंतर पानी वातावरण में छोड़ते हैं। हालांकि हमें इस बात का आभास नहीं होता। मेहनत के समय हम पसीने के रूप में पानी त्यागते हैं। वैसे हमारा शरीर औसतन करीब 250 मिलीलीटर प्रति घंटे की दर से पानी त्यागता है। लेकिन कुछ खास स्थितियों में यह दर 3 लीटर तक भी पहुंच जाती है। शरीर की साफ-सफाई के लिए हम पानी से नहाते हैं। कपड़े धोने के लिए पानी का इस्तेमाल होता है। एक शहरी आदमी औसतन प्रतिदिन 100 से लेकर 500 लीटर पानी विभिन्न कामों में खर्च करता है। हमारे दैनिक जीवन में पानी की महत्ता किसी भी दूसरी चीज से अधिक है। इन सारी बातों के मूल में पानी की भूमिका इसलिए है क्योंकि पानी में इन चीजों के लिए जरूरी गुण मौजूद हैं। आगे विस्तार से हम इन गुणों की चर्चा करेंगे।

2

पौराणिक और ऐतिहासिक संदर्भ

सलिलम् सर्वम् इदम् —ऋग्वेद

जीवन के लिए जल की अहम् आवश्यकता और उसकी उपयोगिता की बातें धार्मिक और दूसरी प्रकार की पुस्तकों में मिलती हैं। इससे एक बात स्पष्ट होती है कि जल

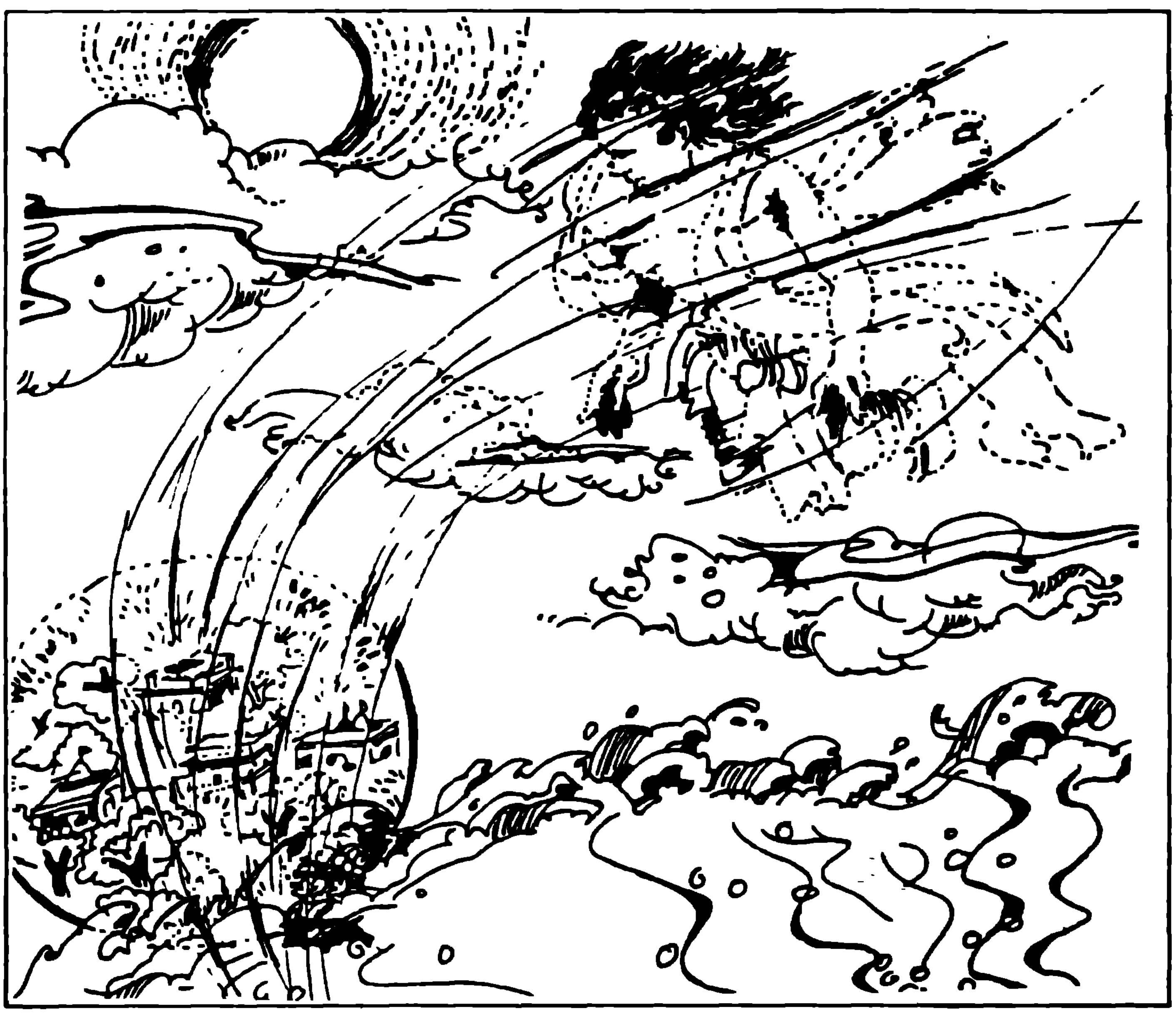


चित्र 6 : सिंधु नदी के आसपास बसी सिंधुघाटी सभ्यता।

की उपयोगिता के बारे में हमारे प्राचीन चिंतकों और मनीषियों को स्पष्ट जानकारी थी। वे जल की महत्ता से भली-भांति परिचित थे। सृष्टि के आदिकाल से ही मनुष्य पानी को निकट से देखता-समझता रहा है। सभ्यता के प्रारंभ काल से उसे इस बात का बखूबी आभास रहा है कि पानी उसके लिए अत्यंत आवश्यक है। पानी के बिना उसका जीवन संभव नहीं है। दुनिया की सभी प्राचीन सभ्यताएं नदियों के किनारे फली-फूली थीं। मनुष्य बादल, वर्षा, बादलों की गड़गड़ाहट और बिजली की चमक जैसी प्राकृतिक घटनाओं का सदैव निकट से साक्षी रहा है। ऐसे में कई प्रश्न सहज ही उसके मन में उठते रहे होंगे। जैसे, पानी कहां से और कैसे आता है? इतना सारा पानी जो बरसात के रूप में धरती पर आता है, उसका होता क्या है? वह कहां चला जाता है? ऐसे बहुत से प्रश्न प्राचीनकाल में लोगों के मन-मस्तिष्क को आंदोलित तथा विचार करने के लिए जरूर प्रेरित करते रहे होंगे।

भारतीय दर्शन में जल का उल्लेख

हमारे प्राचीन धर्म और ज्ञान ग्रंथों, वेदों और पुराणों में जल के बारे में अनेक बातों

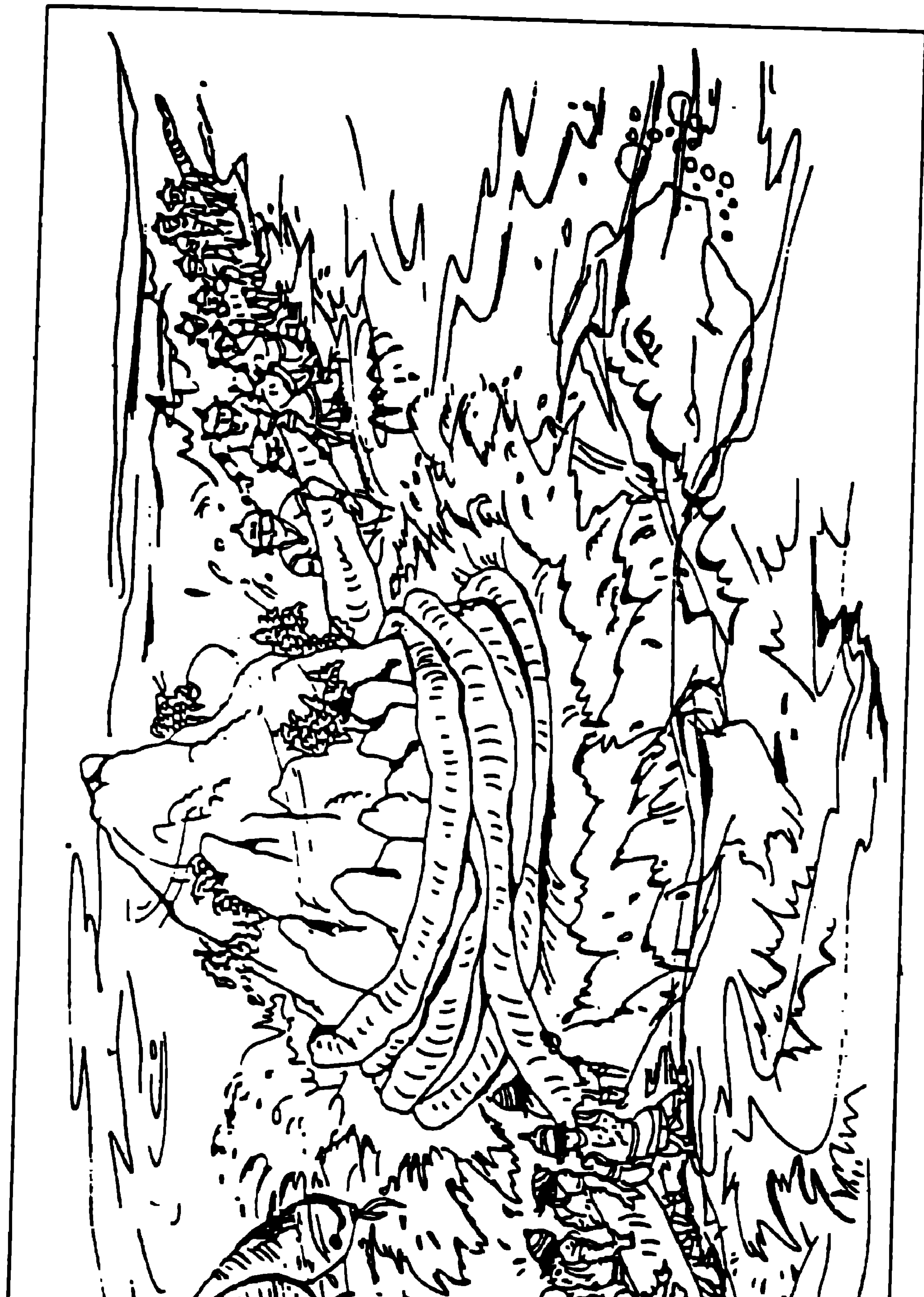


चित्र 7 : पौराणिक पंचमहाभूत।



चित्र 8 : वरुणदेव, पौराणिक जल साम्राज्य के शासक।

का उल्लेख मिलता है। ऋग्वेद में लिखा है कि जीवन की उत्पत्ति पंचमहाभूतों से हुई है। जल उन पंचमहाभूतों में से एक है। अथर्ववेद में समुद्र को सजीवों का पालना कहा गया है। पानी की कोख से पैदा होकर जीवन करोड़ों साल तक पानी की ही गोद में पलता रहा है और आज मनुष्य जैसे बुद्धिमान प्राणी को धरती पर लाने का श्रेय पानी को ही जाता है। हिंदुओं में ऐसी मान्यता है कि जीवों के अवसान पर पंचमहाभूत अपने मूल तत्वों में विलीन हो जाते हैं। यही कारण है कि देहावसान के बाद पार्थिव शरीर अग्नि को समर्पित कर दिया जाता है। इससे शरीर के घटक अपने मूल उद्‌गम स्रोतों से जा मिलते हैं। ऋग्वेद के 1028 मंत्रों में प्रकृति और प्राकृतिक शक्तियों की स्तुति की गयी है। हवा, पानी, धरती, आकाश इस समष्टि के नियामक हैं। इनके लिए हमारे यहां अलग-अलग तरह के देवता भी हैं। पानी के देवता को हम वरुण के नाम से जानते हैं। भगवान विष्णु के बारे में कहा जाता है कि वे 'क्षीरसागर' में निवास करते थे। हिंदू पौराणिक कथाओं में उल्लेख है कि



चित्र 9 : समुद्र मंथन।

जीवन भगवान विष्णु की नाभि से उत्पन्न हुआ है। धर्मग्रंथों में इस बात का उल्लेख है कि भगवान के कई अवतार पानी में ही रहते थे। इनमें वराह, मत्स्य और कच्छप का उल्लेख किया जा सकता है।

समुद्र मंथन एक प्रसिद्ध पौराणिक कथा है। ऐसा कहा जाता है कि अमृत पाने के लिए एक बार देवताओं और असुरों ने मिलकर समुद्र मंथन किया। देवताओं एवं असुरों के बीच पुरानी होड़ थी कि दोनों में कौन ज्यादा पराक्रमी है। उनके बीच छिट-पुट संघर्ष होते ही रहते थे। युद्ध में विजयी होने के लिए अमर होना जरूरी था और अमरत्व के लिए अमृत पाना आवश्यक था। इसी अमृत के लिए उन्होंने मिलकर समुद्र मंथन करने का विचार किया। इसके लिए उन्होंने सुमेर पर्वत का मथनी के तौर पर उपयोग किया था। रस्सी के लिए उन्होंने नागराज वासुकि की सहायता ली थी। कथानक के अनुसार मथने पर समुद्र से अमृत, महाविष (गरल), ऐरावत हाथी, और सुंदरी आदि जैसे चौदह रत्न प्राप्त हुए थे। आशय यह है कि जल में ही अमरत्व प्रदान करने वाला तत्व अमृत भी मौजूद था। एक दूसरी कथा के अनुसार हमारी धरती शेषनाग के फन के ऊपर टिकी है। शेषनाग एक हजार सिरों वाला विशालकाय नाग है जो पानी में रहता है। शेषनाग के हिलने से पृथ्वी हिलती है जिससे भूकंप आता है, हालांकि इन कहानियों का कोई वैज्ञानिक आधार नहीं है।

मां-स्वरूपा गंगा

गाय, गंगा और गायत्री को हिंदू जीवन-दर्शन में उच्च स्थान प्राप्त है। वे सदा सर्वदा पूज्य रहे हैं। प्राचीन काल में साधु-संतों को पानी की उपयोगिता और उसकी महत्ता मालूम थी। इसीलिए उनके द्वारा लिखी गयी पुस्तकों में पानी की शुद्धता और पवित्रता को बनाये रखने की बात बार-बार कही गयी है। ऋषियों और मुनियों के आश्रम जलस्रोतों, विशेष रूप से पवित्र नदियों जैसे, गंगा, यमुना और गोदावरी के किनारे होते थे। इन्हीं स्थलों से मानव-कल्याण के उपदेश पूरे समाज को मिलते थे और लोगों को जीवन की राह मिलती थी।

दुनिया की दूसरी प्राचीन सभ्यताओं में पानी की चर्चा

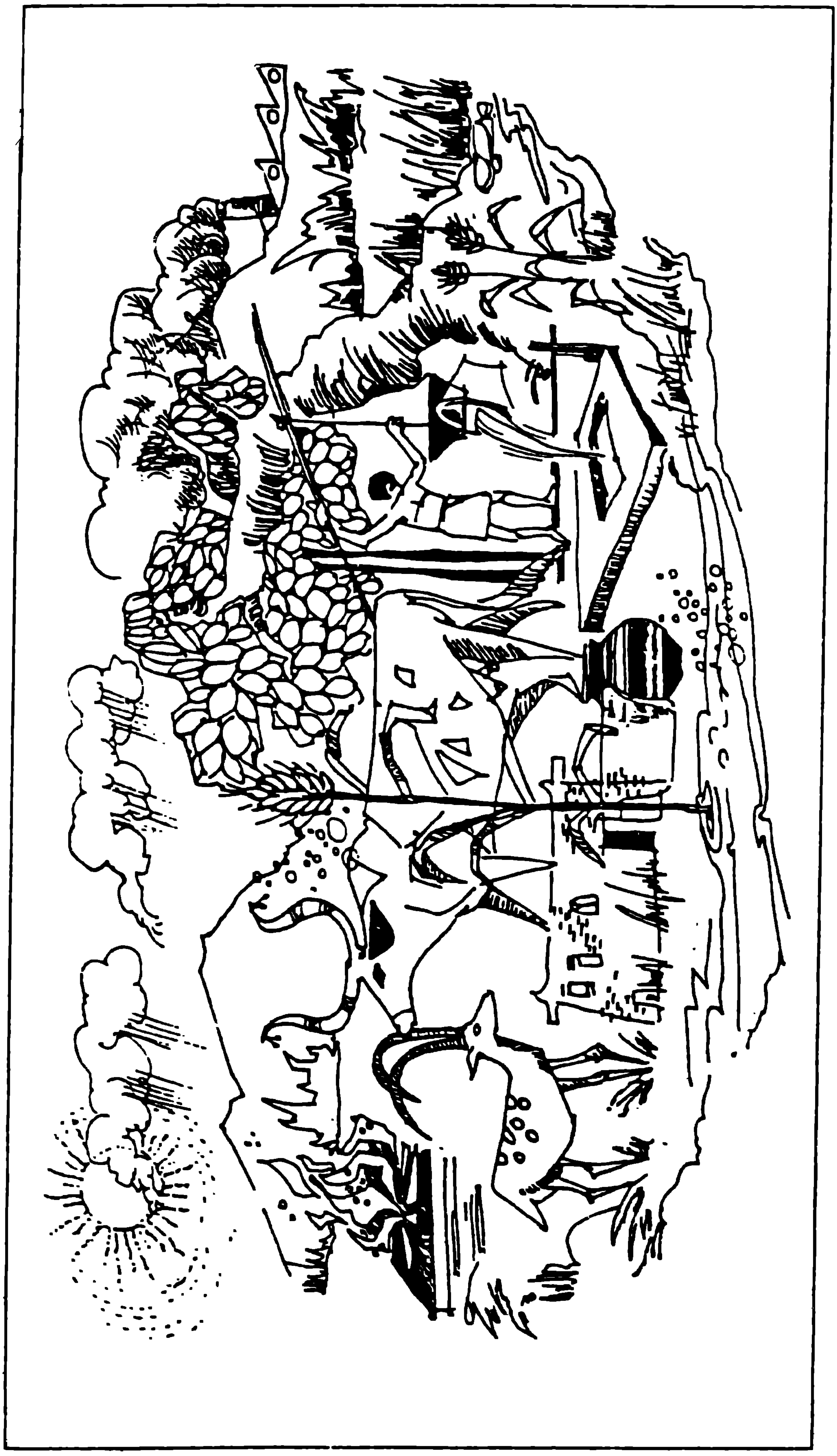
भारत के अतिरिक्त दुनिया की दूसरी सभ्यताओं में भी पानी की महत्ता का व्यापक वर्णन मिलता है। आज के ईराक के नजदीक स्थित दज़ला और फरात नदियों के किनारे बसी हुई मेसोपोटामिया की सभ्यता प्राचीन सभ्यताओं में से एक है। इस सभ्यता में हमें ईसा से दो हजार साल पहले की बातों का लिखित रिकार्ड मिलता है। इन लोगों की मान्यता थी कि **नम्मू** समुद्र की देवी थी और उसी ने स्वर्ग और धरती को जन्म दिया। उनके अनुसार नम्मू पानी के देवता की मां थी।



चित्र 10 : हिंदू जीवन पद्धति से जल का अनन्य जुड़ाव।

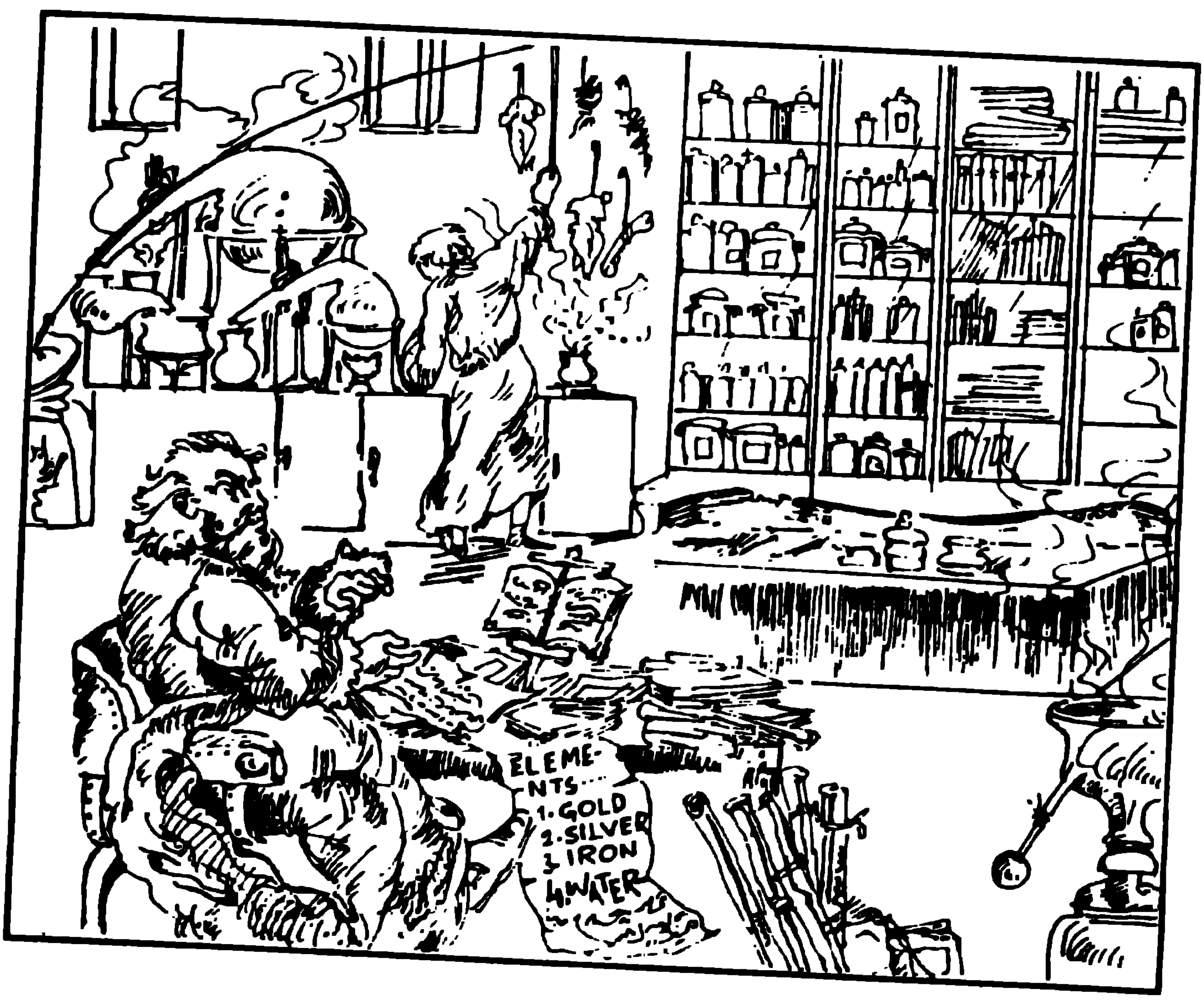


चित्र 11 : गंगावतरण (गंगा का धरती पर आगमन)



चित्र 12 : सभ्यताएं नदियों के किनारे विकसित हुईं।

यहूदी-ईसाई परंपरा के अनुसार सृष्टि की रचना ईश्वर ने की। उन्होंने धरती को स्वर्ग से अलग करने के लिए पानी की रचना की। मिलेटस के **थेलीज** (अ. 636-546 ई.पू.) प्राचीन यूनान के आयोनियन शहर के निवासी थे। वे यूनानी परंपरा के पहले जाने-माने दार्शनिक और वैज्ञानिक थे। उनका मत था कि पूरी सृष्टि के मूल में पानी की अहम् भूमिका होती है। उनका विश्वास था कि धरती पानी के ऊपर तैर रही है और सभी चीजें पानी से ही उत्पन्न होती हैं, और पानी की बनी होती हैं। उनके कथनानुसार–"यह पानी ही है जो विभिन्न रूपों में, धरती, आकाश, नदियों, पर्वत, देवता और मनुष्य, पशु और पक्षी, घासपात, पेड़-पौधों और जीव-जंतुओं से लेकर कीड़े-मकोड़ों तक में मौजूद है। इसलिए पानी पर चिंतन-मनन करो।" हालांकि उनका यह कथन अतिरंजित लग सकता है, लेकिन वास्तव में देखा जाये तो पानी सब जगह है। समुद्र में पाये जाने वाले जीवों के कुल भार का 95-97 प्रतिशत तक पानी होता है। मनुष्य के एक महीने के भ्रूण के कुल भार का 93 प्रतिशत पानी होता है। इस तरह हम देखते हैं कि पानी हर सजीव का मुख्य घटक है।



चित्र 13 : कीमियागरों की जल संबंधी अवधारणा।

पंचमहाभूत जैसी मान्यता सिर्फ भारतीय संस्कृति तक ही सीमित नहीं है। यूनान के विख्यात दार्शनिक **अरस्तू** (384-322 ई.पू.) का विचार था कि प्रकृति के चार प्रमुख घटकों में धरती, हवा, और अग्नि के साथ एक घटक पानी भी होता है। उनका मानना था कि सजीव वस्तुएं निर्जीव वस्तुओं से उत्पन्न हुई हैं। कीमियागर जो कि पुराने समय के रसायनज्ञ थे और सामान्य धातुओं को सोने में बदलने पर काम करते थे, वे भी पानी को एक तत्व मानते थे।



चित्र 14 : हेनरी कैवेंडिश।

एक तत्व के रूप में पानी की संकल्पना अठारहवीं सदी के मध्य तक मान्य रही। **हेनरी कैवेंडिश** ने 1781 में अपने प्रयोगों से दिखाया कि पानी का निर्माण हाइड्रोजन और हवा के दहन से होता है। लेकिन वे इसकी स्पष्ट व्याख्या नहीं कर सके। इसके दो साल बाद सन् 1783 में फ्रांस के **एंटोनी वॉन लेवोजिए** ने यह पता लगाया कि पानी तत्व न होकर एक यौगिक है और वह हाइड्रोजन एवं आक्सीजन से बना है। उन्नीसवीं सदी के प्रारंभ (1804) में फ्रांस के रसायनज्ञ **जोसेफ लुई गे-लुसैक** और जर्मन प्रकृतिशास्त्री **अलेक्जेंडर वॉन हंबोल्ट** ने यह सिद्ध कर दिया कि पानी दो आयतन हाइड्रोजन और एक आयतन आक्सीजन से मिलकर बनता है।



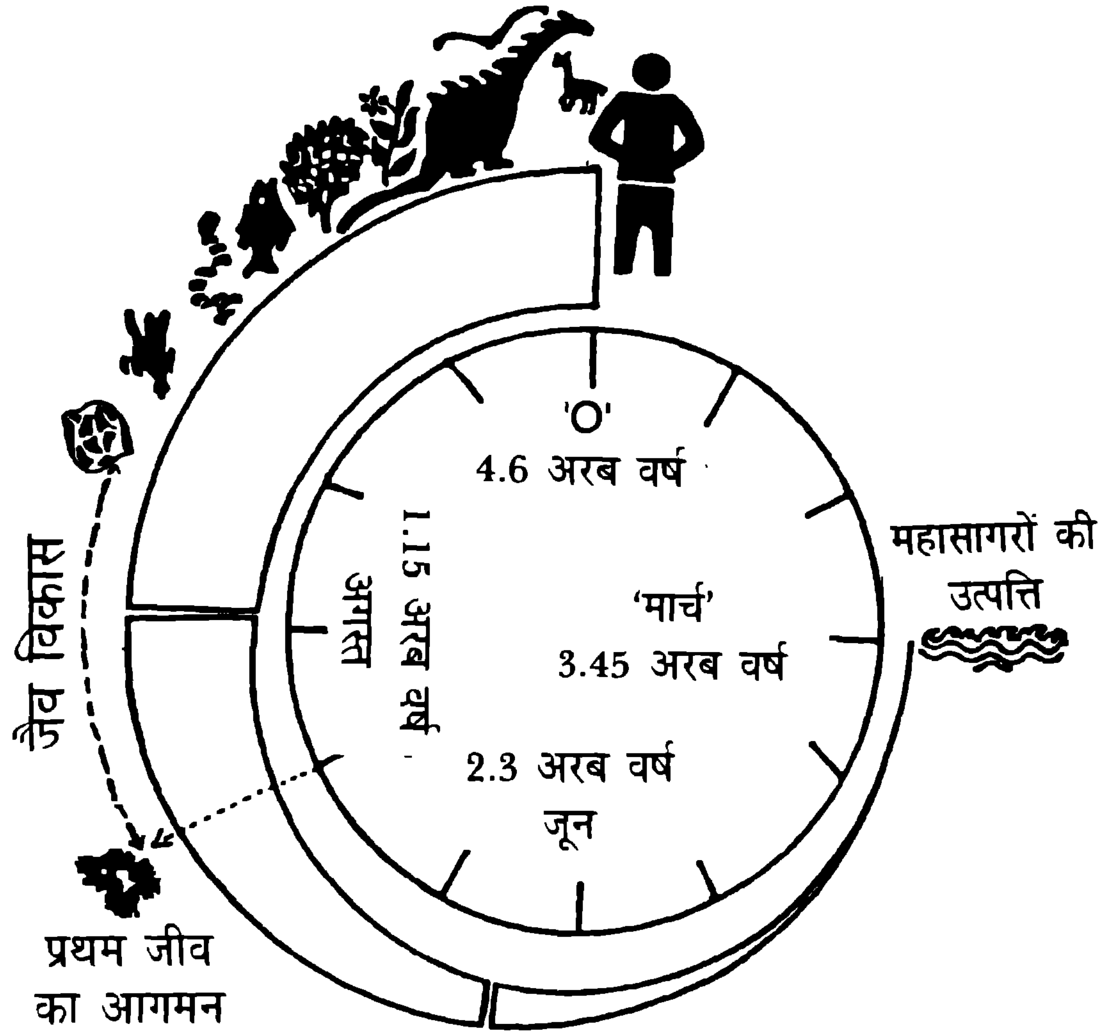
चित्र 15 : एंटोनी वॉन लेवोजिए।

3

यत्र-तत्र-सर्वत्र पानी ही पानी

पृथ्वी की सतह पर पानी समुद्र, नदियों, झीलों से लेकर बर्फ से ढंके क्षेत्रों के रूप में मौजूद है। पानी का सबसे बड़ा स्रोत समुद्र है जहां धरती का 97.33 % पानी पाया जाता है। समुद्र के पानी में अनेक प्रकार के लवण एवं खनिज घुले होते हैं जिसकी वजह से वह खारा होता है। भार के अनुसार समुद्र जल में 3.5% लवण एवं खनिज होते हैं। हमारी धरती की सतह का 70.8 % भाग पानी से घिरा है। धरती के कुल पानी का 2.7% से भी कम हिस्सा सादा जल है जो हमारे उपयोग का है। सादे जल का अधिकांश हिस्सा ध्रुवीय प्रदेशों में बर्फ के रूप में जमा है। ध्रुवों में दक्षिण ध्रुव में पानी की मात्रा कहीं ज्यादा है। यहां करीब एक करोड़ पचास लाख वर्ग किलोमीटर क्षेत्र बर्फ से ढंका है। यह क्षेत्र पूरे भारत के क्षेत्रफल से लगभग पांच गुना ज्यादा है। दक्षिणी ध्रुव पर जमी बर्फ राशि इतनी विशाल है कि यदि वह पिघल जाये तो धरती की सभी नदियों को अगले एक हजार साल तक पानी मिल सकता है। प्रत्येक वर्ष दक्षिणी ध्रुव और हिमनदों से लगभग 5000 हिमखंड टूट-टूटकर अलग हो जाते हैं जिनका कुल द्रव्यमान एक हजार अरब घनमीटर होता है। यदि ध्रुवों और हिमनदों पर जमी सारी बर्फ पिघल जाये तो समुद्र का जलस्तर 60 मीटर बढ़ जायेगा। एक आकलन के अनुसार समुद्र में 13 करोड़ 50 लाख घनकिलोमीटर पानी मौजूद है। यदि धरती की सतह पूरी तरह समतल कर दी जाये तो सारी धरती पानी में डूब जायेगी और सतह पर मौजूद पानी की सतह की ऊंचाई 4000 मीटर होगी। यदि समुद्र के पानी में घुले खनिज और लवण को अलग करके पृथ्वी की सतह पर फैला दिया जाये तो 160 मीटर ऊंची परत बन जायेगी। धरती पर सबसे ऊंची जगह हिमालय का एवरेस्ट शिखर है। लेकिन सबसे गहरी जगह प्रशांत महासागर में स्थित मैरिआना ट्रेंच इतनी गहरी है कि उसमें एवरेस्ट भी पूरी तरह डूब जायेगा।

भूवैज्ञानिक पृथ्वी की आयु लगभग 4.6 खरब साल आंकते हैं। यदि इस पूरे काल को एक वर्ष के समतुल्य मानें तो धरती पर महासागर का जन्म मार्च में, पहले जीव का जन्म अगस्त महीने में और पहले मनुष्य का जन्म 31 दिसंबर को 22.30 बजे हुआ। इस भूवैज्ञानिक पैमाने पर आधुनिक मानव का जन्म 24.00 बजे



चित्र 16 : भूवैज्ञानिक पैमाने पर महासागरों एवं जीवों की उत्पत्ति।

(मध्यरात्रि) से मात्र 7 सेकेंड पहले हुआ।

धरती पर पानी का अध्ययन करने वाले वैज्ञानिकों को जलविज्ञानी अथवा हाइड्रोलॉजिस्ट कहते हैं। वे पानी के विभिन्न रूपों एवं उनके मध्य आपसी संबंधों का अध्ययन करते हैं जिसे जलचक्र कहते हैं। धरती का जलचक्र वर्षा से शुरू होता है। जलचक्र सूर्य के विकिरण द्वारा नियंत्रित होता है। सौर विकिरण से सभी जल स्रोतों से पानी निरंतर वाष्पित होता रहता है। इन्हीं जलवाष्पों से बादल बनते हैं। वातावरण में ऊपर तापमान कम होता है जिससे ये बादल द्रवजल में संघनित हो जाते हैं। पानी की बूंदें भार के कारण हवा में टिक नहीं पातीं और गुरुत्वाकर्षण के कारण धरती पर गिरती हैं। इसे हम बरसात कहते हैं। बरसात का कुछ पानी जमीन में सोख लिया जाता है, जबकि कुछ पानी बहकर नदी-नालों द्वारा समुद्र में जा मिलता है। इस जलचक्र के कई उपचक्र भी होते हैं। वर्षा का सबसे बड़ा स्रोत समुद्र है क्योंकि वहीं से पानी वाष्पन द्वारा वातावरण में पहुंचता है। पानी अपनी

सारणी 1
धरती पर पानी का वितरण

स्रोत	*आयतन/10^3 कि.मी.^{3}*	*कुल मात्रा का प्रतिशत*
लवण जल		
महासागर	1348000	97.33
खारे पानी की झीलें तथा अंतस्थलीय सागर	105(अ)	0.008
सादा जल		
ध्रुवीय बर्फ एवं हिमनद	28200	2.04
भूमिगत जल	8450	0.61
झीलें	125(ब)	0.009
मृदा आर्द्रता	69	0.005
वातावरणी जलवाष्प	13.5	0.001
कुल योग	1385000	100.00

(अ) इसका लगभग तीन-चौथाई भाग कैस्पियन सागर में पाया जाता है।
(ब) 50% से अधिक चार प्रमुख झीलों में पाया जाता है। ये झीलें हैं, बैकाल, तंगानिका, न्यासा और सुपीरियर।

यात्रा में तमाम रास्तों से गुजरते हुए अंततः महासागर में जा मिलता है। इसलिए समुद्र का पानी कमोबेश यथावत बना रहता है। कभी-कभी तापमान कम होने से बादलों में मौजूद पानी जम जाता है और हिमपात के रूप में धरती पर गिरता है। जब कभी हिमकण आपस में जुड़कर बर्फ के गोलों का आकार ले लेते हैं और धरती पर गिरते हैं तब इसे ओलावृष्टि कहते हैं।

जल–जीवन का अभिन्न अंग

जैसा कि पहले बताया जा चुका है, पानी प्रकृति में उपस्थित प्रत्येक सजीव का अभिन्न अंग है। यह केवल इस बात से स्पष्ट हो जाता है कि बिना भोजन के आदमी कई सप्ताह तक जिंदा रह सकता है, लेकिन पानी के बिना वह केवल कुछ दिन ही जीवित रह सकता है। सजीवों के शरीर का दो-तिहाई से तीन-चौथाई भाग पानी होता है। जीव-जंतुओं और पेड़-पौधों में पानी का प्रतिशत उनकी प्रकृति पर निर्भर करता है।



चित्र 17 : जल चक्र।

जीवों में पोषण के लिए जरूरी आहार पानी द्वारा ही एक जगह से दूसरी जगह ले जाया जाता है। रक्त की प्लाज्मा का अधिकांश हिस्सा पानी ही होता है। प्लाज्मा में अनेक एंजाइम, हार्मोन और जरूरी तत्व घुले होते हैं। जल के बिना जीवन की कोई भी प्रक्रिया संपादित नहीं हो सकती। हालांकि विषाणु इसके अपवाद हो सकते हैं। लेकिन यहां यह उल्लेखनीय है कि विषाणु भी तभी जीवित कहलाते हैं जब वे किसी सजीव के शरीर में प्रविष्ट होते हैं अन्यथा यदि उन्हें शरीर के बाहर रख दिया जाये तो वर्षों तक वैसे ही निर्जीव पड़े रहते हैं। इसीलिए विषाणुओं को सजीव और निर्जीव के बीच की कड़ी कहते हैं।

भार के अनुसार मनुष्य के शरीर का 60-70 % भाग पानी होता है। हम लोग हर दिन और हर समय अपने शरीर से पानी त्यागते हैं। सांस, पसीने और मुख्य रूप से मूत्र के माध्यम से शरीर से पानी निकलता है। शरीर द्वारा पानी उत्सर्जित करने की दर परिस्थितियों पर निर्भर करती है। आराम की स्थिति में पानी उत्सर्जन की दर 75-300 मिलीलीटर प्रति घंटा होती है। श्रम करते समय यह दर बढ़कर 3 लीटर प्रति घंटे तक पहुंच सकती है। अतः श्रम करते समय हमें ज्यादा-से-ज्यादा

सारणी 2

इशेरीशिया कोलाई और स्तनधारी प्राणी की कोशिकाओं के प्रमुख अणु घटक

घटक	*ई. कोलाई जीवाणु*	*स्तनधारी कोशिका*
पानी	70	70
प्रोटीन	15	18
न्यूक्लिक अम्ल·		
राइबोन्यूक्लिक अम्ल (आर.एन.ए.)	6	1.1
डिआक्सीराइबोन्यूक्लिक अम्ल (डी.एन.ए.)	1	0.25
कार्बोहाइड्रेट	3	2
फास्फोलिपिड्स	2	~3
अन्य लिपिड्स	—	2
अन्य चयाप्रचयी पदार्थ	2	3
अकार्बनिक आयन	1	1
कोशिका का आपेक्षिक आयतन	1	2000
संपूर्ण कोशिकाओं का आयतन	2×10^{-12} सेमी^{3}	4×10^{-9} सेमी^{3}

पानी पीना चाहिए। अगर ऐसा नहीं करेंगे तो हमारे शरीर में पानी की कमी (निर्जलन) हो सकती है। प्राणियों विशेष रूप से स्तनधारी वर्ग के जीवों में पानी की कमी से अनेक जटिलताएं पैदा हो जाती हैं और कभी-कभी मृत्यु भी हो सकती है। चिकित्सक सामान्य स्थितियों में एक वयस्क व्यक्ति को रोजाना 8 गिलास पानी पीने की सलाह देते हैं। यदि किसी स्तनधारी प्राणी से उसके शरीर के भार का 15% पानी निकल जाये तो यह उसके लिए जानलेवा साबित हो सकता है। यही कारण है कि हैजा, पेचिश एवं अतिसार जैसी स्थितियों में रोगी को पर्याप्त मात्रा में ग्लूकोज और खनिज लवण युक्त पानी दिया जाता है।

मनुष्य के शरीर के कुल पानी का 4% प्लाज्मा के रूप में उसके खून में पाया जाता है। कोशिकाओं में शरीर का 40% पानी पाया जाता है जबकि कोशिकाओं

के बीच मौजूद पानी की मात्रा 16% होती है। पानी हमारे शरीर के हर भाग में पाया जाता है। आपको शायद यह जानकर आश्चर्य हो कि हमारी हड्डियों और बालों में भी पानी पाया जाता है। हमारे दांतों की बाहरी परत (इनामेल) में भी पानी पाया जाता है जो हमारे शरीर का सबसे कठोर भाग है। पानी सचमुच हर जगह मौजूद है।



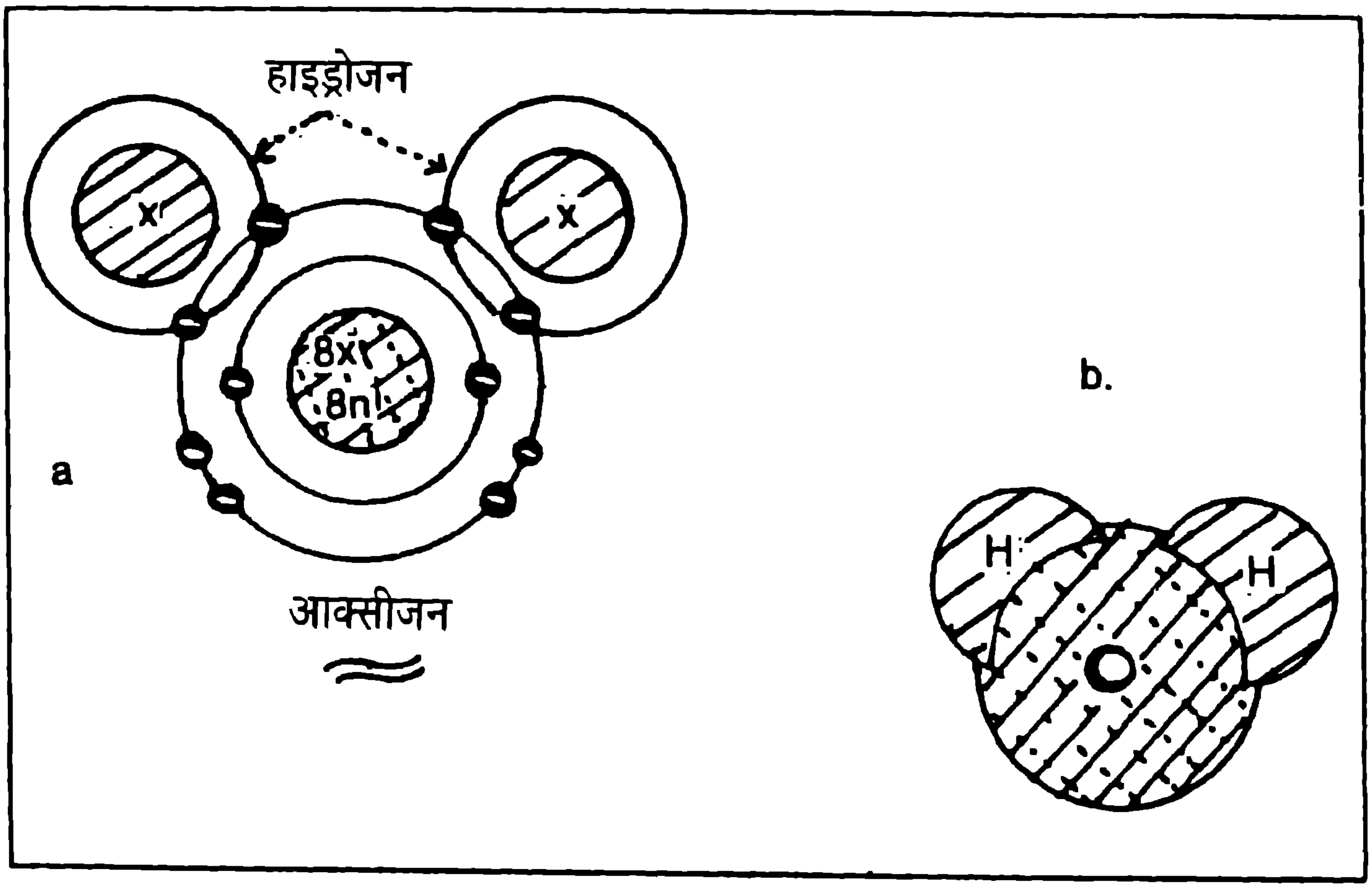
चित्र 18 : यत्र-तत्र-सर्वत्र पानी ही पानी।

4

संरचना और भौतिक गुण

पानी एक रंगहीन, गंधहीन, स्वादहीन, पारदर्शी, वाष्पशील और गतिशील द्रव है जो अलौकिक गुणों से संपन्न है। वास्तव में पानी के गुण अद्भुत हैं। जैसा कि पहले कहा जा चुका है, पानी के अलौकिक गुणों के पीछे हाइड्रोजन बंधों का हाथ होता है। सबसे पहले अमेरिकी रसायनशास्त्री **गिल्बर्ट ल्यूइस** ने 1923 में हाइड्रोजन बंध शब्द का प्रयोग किया था। पानी के भौतिक एवं रासायनिक गुणों की व्याख्या उसकी संरचना के आधार पर की जा सकती है। पानी का अणु संरचना में बहुत ही सरल है। यह दो तत्वों अर्थात् हाइड्रोजन और आक्सीजन से मिलकर बना है। इसमें तीन परमाणु होते हैं—दो परमाणु हाइड्रोजन के और एक परमाणु आक्सीजन का है। ये तीनों परमाणु आपस में संयुक्त होकर V के आकार की संरचना का निर्माण करते हैं।

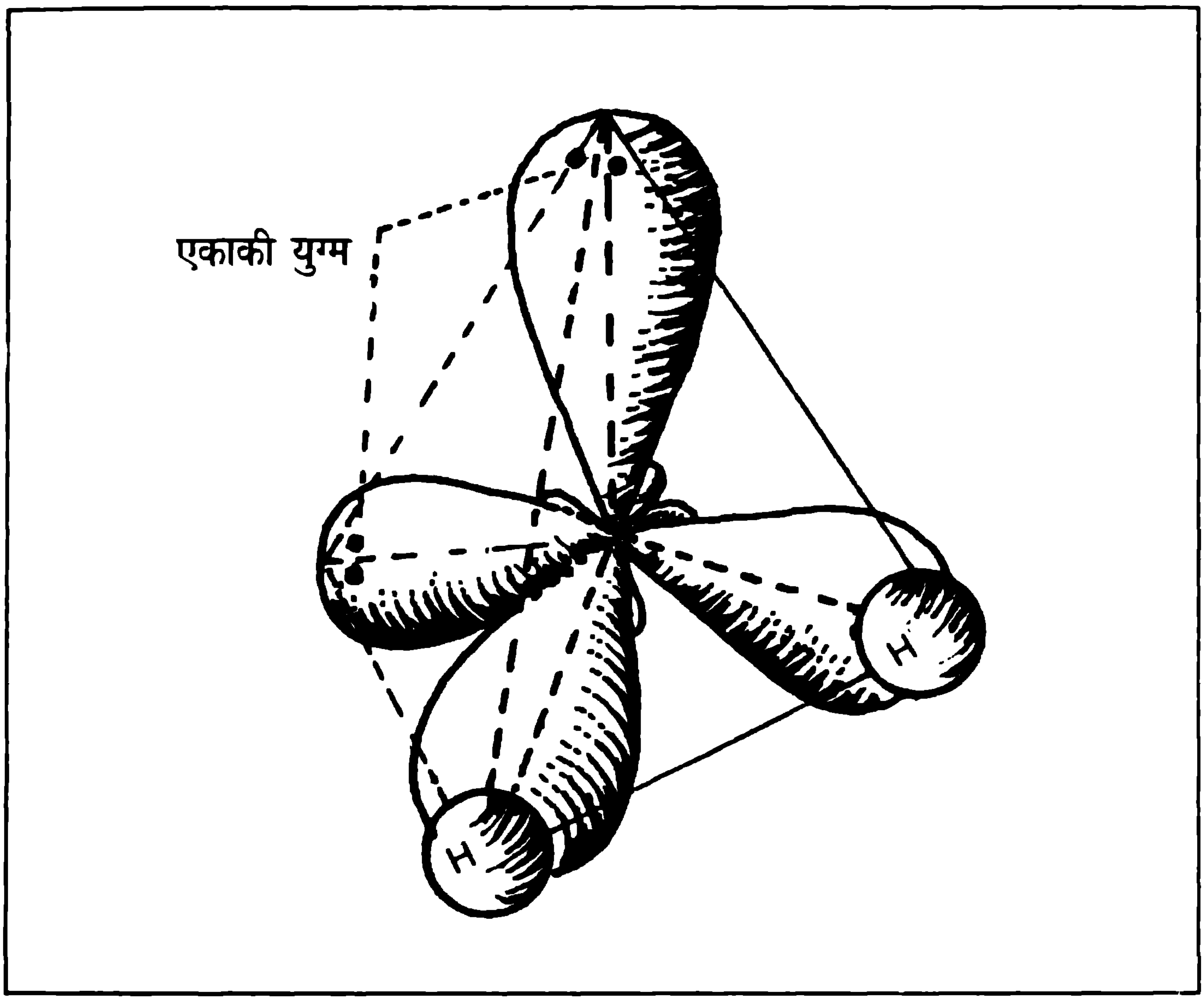
आक्सीजन का परमाणु आकार में हाइड्रोजन के परमाणु से बड़ा होता है। आक्सीजन के परमाणु में हाइड्रोजन के परमाणु एक ओर इस तरह धंसे होते हैं कि देखने में इसकी शक्ल चूहे जैसी लगती है। रासायनिक तौर पर पानी को हाइड्रोजन का आक्साइड या आक्सीजन का हाइड्राइड कहा जा सकता है। पानी के हाइड्रोजन और आक्सीजन परमाणुओं के बीच मजबूत सहसंयोजक बंध पाया जाता है। सहसंयोजक बंध दो परमाणुओं के मध्य इलेक्ट्रानों की आपसी साझेदारी से बनता है। जैसा कि हम जानते हैं, आवर्त सारिणी में प्रत्येक परमाणु अपने निकटतम अक्रिय गैस के इलेक्ट्रानिक विन्यास को प्राप्त करना चाहता है। हीलियम को छोड़कर सभी अक्रिय गैसों की बाहरी कक्षा में आठ इलेक्ट्रान होते हैं। यदि कोई परमाणु अपने परमाणु निकालकर अथवा दूसरे परमाणुओं से इलेक्ट्रान प्राप्त करके अपनी बाहरी कक्षा में 8 इलेक्ट्रान हासिल कर लेता है तो वह इलेक्ट्रानिक तौर पर संतुष्ट हो जाता है और फिर दूसरा बंध नहीं बनाता है। अणु में परमाणु की बंधित इलेक्ट्रान को अपनी ओर खींचने की क्षमता को विद्युत ऋणात्मकता कहते हैं। अलग-अलग परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकता अलग-अलग होती है। जब दो समान विद्युत ऋणात्मकता वाले परमाणुओं के बीच बंध बनता है तो बंधन इलेक्ट्रान का जोड़ा



चित्र 19 : पानी का रासायनिक बंधन।

दोनों परमाणुओं के ठीक मध्य में स्थित होता है। ऐसी स्थिति में परमाणु विद्युत उदासीन होते हैं और ऐसे अणु आदर्श सहसंयोजी बंध होते हैं जेसे H_2, Cl_2, O_2, N_2 इत्यादि। यदि सहसंयोजक बंध किन्हीं दो असमान परमाणुओं के बीच बन रहा है तो बंधन इलेक्ट्रान बीच में न होकर उस परमाणु की ओर थोड़ा विस्थापित हो जाता है जिसकी विद्युत ऋणात्मकता ज्यादा होती है। ऐसे में परमाणुओं पर आवेश उत्पन्न हो जाता है। जिस परमाणु की विद्युत ऋणात्मकता ज्यादा होती है उस पर थोड़ा-सा ऋण आवेश हो जाता है और दूसरे परमाणु पर उतना ही लेकिन विपरीत (धनावेश) पैदा हो जाता है। ये बंध ध्रुवीय सहसंयोजक बंध कहलाते हैं। हालांकि अणु ऊपरी तौर पर विद्युत उदासीन ही होता है, लेकिन अणु में दो आवेशित ध्रुव मौजूद रहते हैं। इसे वैद्युत द्विध्रुव (Electric Dipole) कहते हैं। ऐसे अणुओं में HCl, HF, HI, CH_4 के उदाहरण दिये जा सकते हैं।

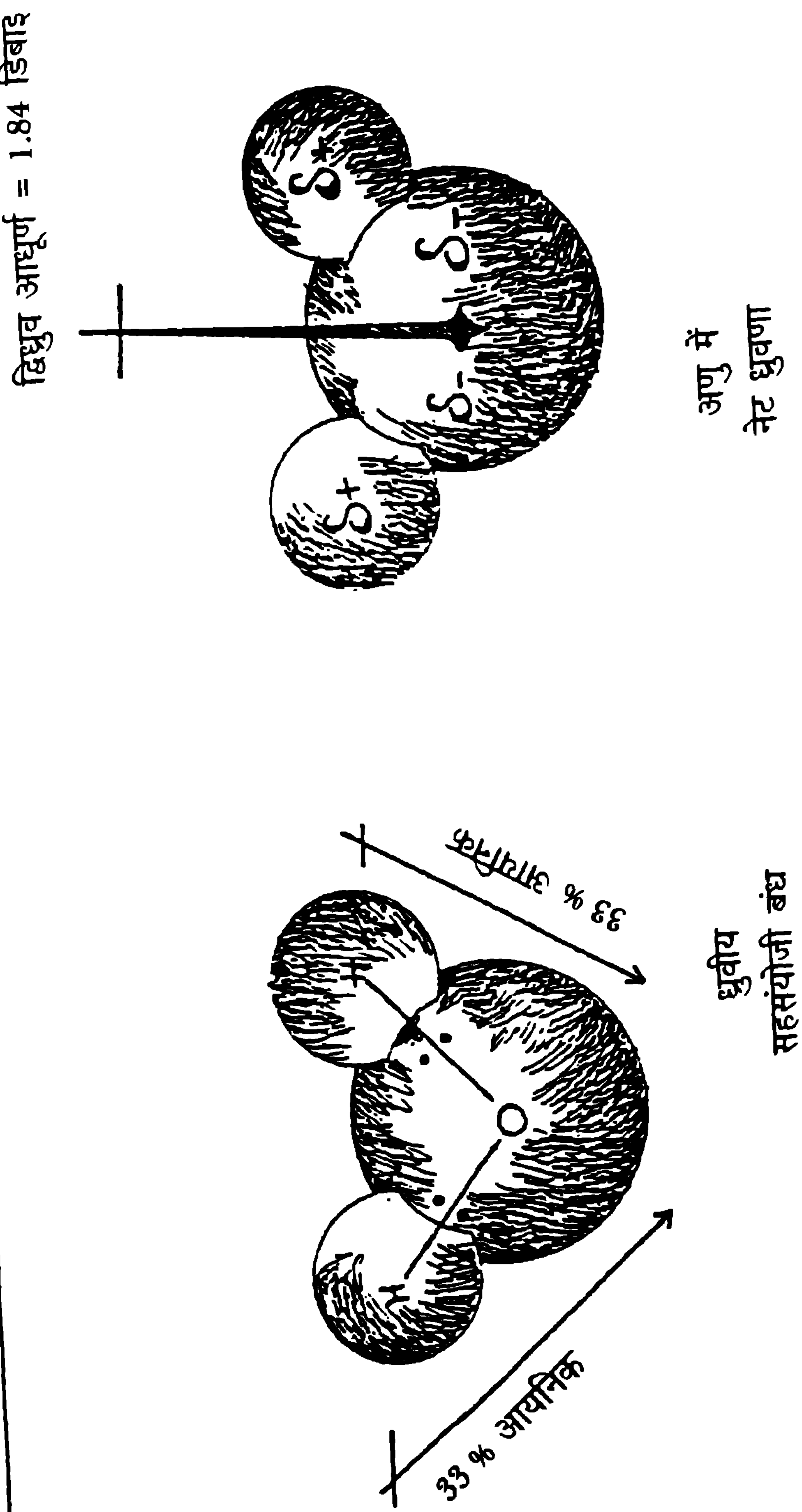
पानी के अणु में भी ध्रुवीय सहसंयोजक बंध पाया जाता है। यहां हाइड्रोजन और आक्सीजन के बीच इलेक्ट्रानों की साझेदारी होती है। हाइड्रोजन की एकमात्र कक्षा जो कि उसकी संयोजी कक्षा भी है, में एक इलेक्ट्रान होता है। आक्सीजन की बाहरी कक्षा में छह इलेक्ट्रान हैं। उसे यदि दो इलेक्ट्रान मिल जायें तो वह नियोन की तरह निष्क्रिय विन्यास प्राप्त कर सकता है। उसी तरह यदि हाइड्रोजन को एक इलेक्ट्रान कहीं से मिल जाये तो वह हीलियम जैसा विन्यास प्राप्त कर लेगा। इस



चित्र 20 : पानी के अणु की चतुष्कोणीय ज्यामिति।

तरह हाइड्रोजन और आक्सीजन आपस में एक-एक इलेक्ट्रानों की साझेदारी करते हैं और आक्सीजन दो हाइड्रोजन परमाणुओं से मिलकर दो सहसंयोजी बंध बनाता है। फलतः आक्सीजन और हाइड्रोजन की इलेक्ट्रानिक जरूरत पूरी हो जाती है। परंतु पानी के अणु में वैद्युत द्विध्रुव पाया जाता है। हालांकि पानी का अणु वैद्युत रूप से उदासीन होता है, परंतु एक अणु के आंशिक रूप से धनात्मक आवेश युक्त हाइड्रोजन के परमाणु दूसरे अणु के आंशिक रूप से ऋणात्मक आवेश युक्त आक्सीजन के परमाणु को अपनी ओर आकर्षित करते हैं। पानी के अणुओं के बीच स्थिर-वैद्युत आकर्षण को हाइड्रोजन बंधन कहते हैं।

किसी द्विध्रुव की सामर्थ्य उसके द्विध्रुव आघूर्ण से नापी जाती है। पानी का द्विध्रुव आघूर्ण काफी अधिक होता है। इसलिए इसका परावैद्युतांक भी काफी अधिक होता है। पानी का परावैद्युतांक विलायकों में हाइड्रोजन सायनाइड के बाद सबसे अधिक होता है। पानी की श्यानता भी अधिक होती है। दूसरे द्रवों की तुलना में पानी का द्रवणांक, क्वथनांक, विशिष्ट ऊष्मा, पृष्ठ तनाव और गलन की ऊष्मा अधिक होते हैं। ये गुण यह दर्शाते हैं कि पानी में अणुओं के बीच प्रबल आकर्षण बल कार्य करता है। इसका कारण है अणुओं का वैद्युतध्रुवी होना। ऐसा हाइड्रोजन और



चित्र 21 : पानी एक द्विध्रुव तंत्र है।

आक्सीजन के परमाणुओं की विद्युत ऋणात्मकता में अंतर की वजह से होता है जो हाइड्रोजन बंध का कारण होती है। वाष्पन की ऊष्मा पानी के अणुओं के बीच आकर्षण बल का प्रत्यक्ष प्रतीक होती है।

यह जानकर आश्चर्य होगा कि एक अणु पानी के आकलित आयतन और वास्तविक आयतन के मानों में बहुत अंतर होता है। एक ग्राम अणु (18 ग्राम) पानी का आयतन 9 सेमी^{3} होता है। यह आकलन पानी के अणुओं की ज्ञात विमाओं पर आधारित है। लेकिन वास्तव में एक ग्राम अणु का आयतन 18 सेमी^{3} होता है। इसका अर्थ यह हुआ कि प्रत्यक्षतः पानी का आधा आयतन खाली होता है।

जैसा कि हम पहले बता चुके हैं, पानी के अलौकिक गुणों की वजह से ही इस धरती पर जीव-सृष्टि संभव है। पानी की विशिष्ट ऊष्मा बहुत अधिक होती है। अर्थात् पानी के एक निश्चित द्रव्यमान को गरम करने के लिए काफी ऊष्मा की जरूरत होती है। अर्थात् समुद्र, झीलें और नदियां सौर विकिरण से न तो आसानी से गरम होंगे और न ही ठंडे। इस तरह हम अचानक ताप-परिवर्तन से बचे रहते हैं। गल्फस्ट्रीम नामक गर्म समुद्री धारा सूर्य की गरमी को अपने बहाव के साथ ध्रुवों की ओर ले जाती है जिससे अयनमंडल (ट्रॉपिकल क्षेत्र) ठंडक के संभावित आघात से बच जाते हैं।

पानी के असंगत गुणधर्म जीवन में अधिक मौलिक स्तर पर महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं। पानी के उच्च पृष्ठतनाव की वजह से जैविक यौगिक इसकी तरल सतह पर जमा होते हैं जिसकी वजह से जैविक अभिक्रियाएं तेजी से होती हैं। पानी के शक्तिशाली विलायक गुण का भी सजीवों के लिए विशेष महत्व होता है। प्राणियों के शरीर में तमाम ऐसी प्रक्रियाएं होती हैं जो पानी में घुले आयनों की सांद्रता में परिवर्तन से शुरू या बंद हो जाती हैं। पानी में पाये जाने वाले हाइड्रोजन बंध के कारण प्रोटीन की संरचनाओं में स्थायित्व बना रहता है। ऐसा होना प्राणियों के लिए नितांत आवश्यक है क्योंकि प्रोटीन की सक्रियता उसकी संरचना पर ही निर्भर करती है। हाइड्रोजन बंध की वजह से ही धरती पर जीवन का प्रादुर्भाव हो सका है जिसकी खोजबीन के लिए वैज्ञानिक अभी भी दिन-रात एक किये हुए हैं। पानी डी.एन.ए. द्विकुंडली की लड़ियों को खोल देता है। इससे ट्रांसक्रिप्शन में मदद मिलती है। डी.एन.ए. जीवन का सूत्र है और जीवन का सारा रहस्य इसकी ही कार्यप्रणाली में निहित है।

क्या पानी सचमुच रंगहीन है?

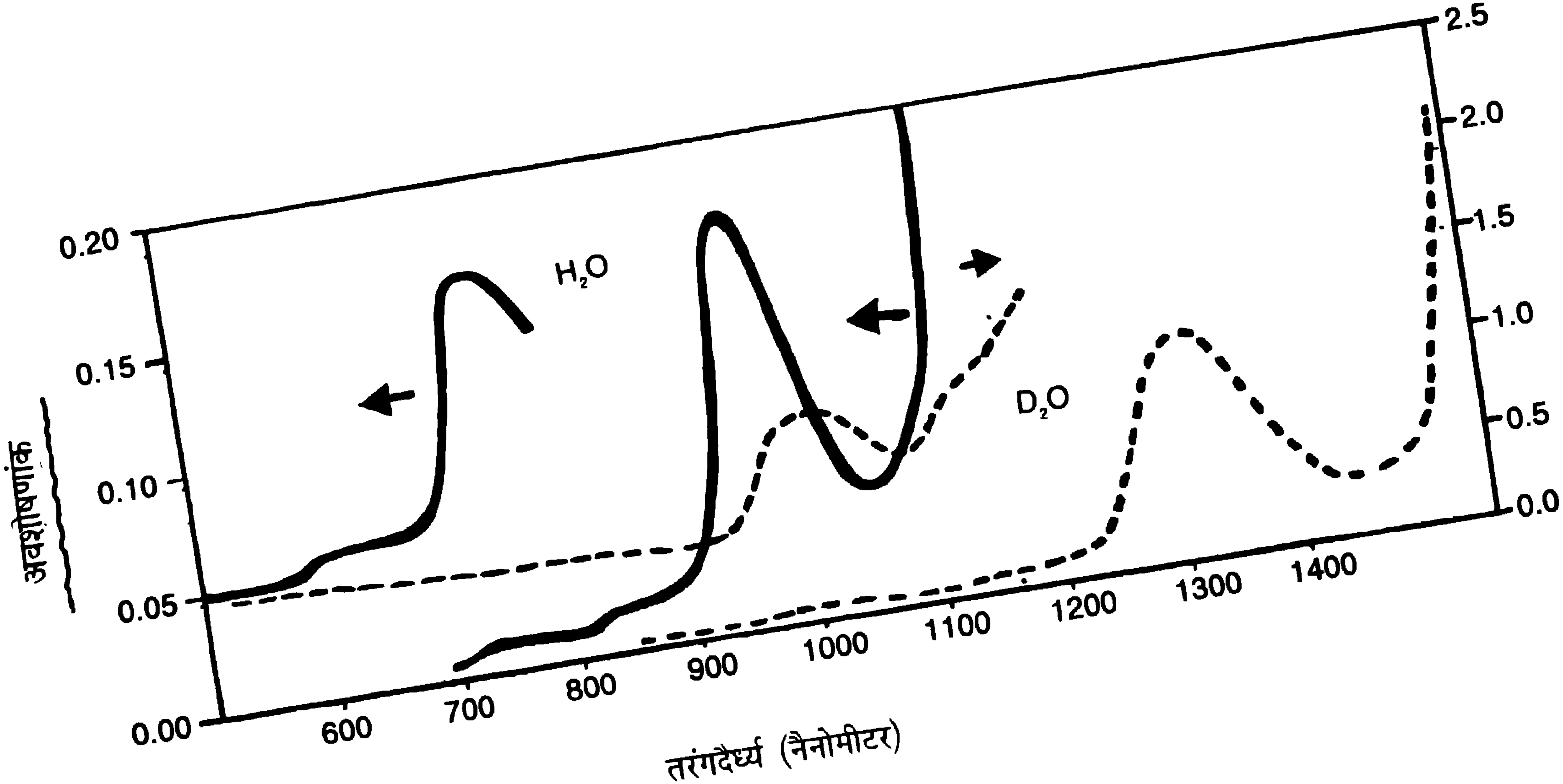
पानी के रंग को लेकर काफी दिनों से वाद-विवाद चलता आ रहा है। वैसे आमतौर पर पानी को रंगहीन ही माना जाता है। मनुष्य को सदियों से इस बात को लेकर आश्चर्य होता रहा है कि समुद्र और झीलों का पानी नीला क्यों दिखाई देता है।

आमतौर पर पानी द्वारा होने वाले प्रकाश के प्रकीर्णन को इसका कारण बताते हैं। एक दूसरी मान्यता यह है कि पानी में घुले हुए तांबे के लवणों की वजह से पानी का रंग नीला दिखायी देता है। लेकिन हाल ही में कुछ वैज्ञानिकों ने स्पेक्ट्रमी प्रमाण देते हुए बताया है कि पानी रंगहीन नहीं होता जैसा कि अभी तक माना जाता रहा है। उनका कहना है कि पानी का एक अंतर्भूत रंग होता है।

अनुसंधानकर्ताओं का कहना है कि पानी का रंग नीला होता है। नीला रंग बर्फ और हिम पिंडों में उस समय साफ देखा जा सकता है जब गहरी गर्त से टकराकर वापस आने वाला प्रकाश भी नीले रंग का दिखाई पड़ता है। पानी के नीले रंग की उत्पत्ति के पीछे विशिष्ट कारण है। किसी पदार्थ का रंग उसमें मौजूद इलेक्ट्रानों और प्रकाश के बीच पारस्परिक क्रिया के कारण होता है। लेकिन पानी इसका अपवाद है। पानी का अंतर्भूत नीला रंग द्रव्य स्पेक्ट्रम के लाल रंग के चयनित अवशोषण के कारण होता है। चूंकि अवशोषण द्रव्य स्पेक्ट्रम के लाल सिरे की ओर होता है, अतः दिखायी देने वाला रंग लाल रंग का अनुपूरक यानी नीला होता है। प्रकाश के अवशोषित होने वाले फोटान अणुओं को उच्चकंपनिक ऊर्जा-स्तर में धकेल देते हैं। संभवतः यह प्रकृति का अकेला उदाहरण है जहां पदार्थ का रंग उसके अणुओं में होने वाले कंपनिक संक्रमण के कारण होता है। शुद्ध जल का अवरक्त स्पेक्ट्रम लेने पर पाया गया कि पानी 760 नैनोमीटर (1 नैनोमीटर = 10^{-9} मी.) तरंगदैर्ध्य पर एक चटख बैंड देता है और 605 तथा 660 नैनोमीटर पर दो हलके अवशोषण बैंड देता है। अंतिम दो कमजोर बैंड पानी के रंग के लिए उत्तरदायी हैं। भारी पानी यानी D_2O में चूंकि समस्थानिक का भार अधिक होता है, अतः ये बैंड उच्च तरंगदैर्ध्य (1000 नैनोमीटर) की ओर विस्थापित हो जाते हैं। यही कारण है कि भारी पानी रंगहीन होता है। साधारण पानी का रंग केवल स्पेक्ट्रोस्कोपी तरीके से ही नहीं देखा जा सकता। इसे हम नंगी आंखों से भी देख सकते हैं। एक लंबी ट्यूब में शुद्ध जल भरकर उसे एक सिरे से देखने पर पानी का रंग नीला दिखायी देता है।

पॉलीवाटर : सच्चाई या शगूफा?

पानी सचमुच एक अलौकिक यौगिक है। कुछ दशक पहले रूस के कुछ वैज्ञानिकों को लगा था कि उन्होंने एक नये तरह के पानी की खोज की है। इसे उन्होंने पॉलीवाटर कहा। बी.वी. डेरिजिन इस काम के अगुआ थे। बाद के अध्ययन से उनकी बात गलत साबित हुई। सन् 1966 से 1973 के बीच इस प्रकार के पानी पर करीब 500 शोधपत्र प्रकाशित हुए। इस यौगिक के कई नाम रखे गये थे जैसे, पॉलीवाटर, सुपरवाटर, ऑर्थोवाटर, साइक्लिमेट्रिकवाटर और एनोमेलस वाटर। पानी की वाटर II और वाटर X किस्में पतली और ताजा बनी केशिका में शुद्ध साधारण पानी के संघनन से अल्प मात्रा में बनायी गयी थीं। इन पतली केशिकाओं का व्यास 1-3

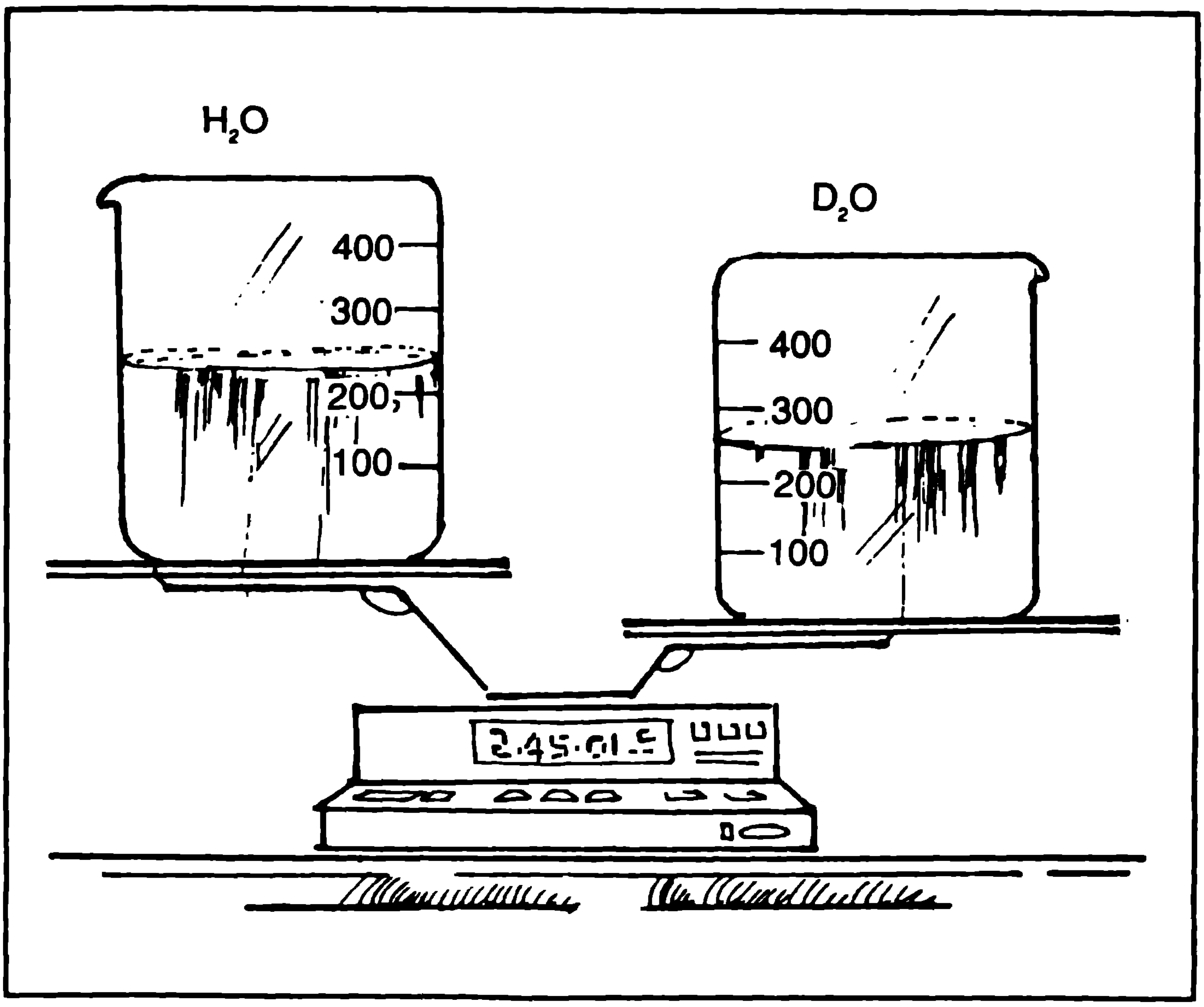


चित्र 22 : साधारण पानी और भारी पानी का अवशोषी स्पेक्ट्रम।

माइक्रॉन था (1 माइक्रॉन एक मिलीमीटर के एक-हजारवें भाग के बराबर होता है) तापगतिकी के आधार पर पानी की इन किस्मों के गुणधर्म की व्याख्या नहीं की जा सकी और ऐसा माना गया कि यह कोई अलग किस्म का पानी नहीं था, बल्कि ताजा बनी ट्यूब से सिलिका जेल के पानी में विवर्तन से ऐसा हुआ था। विज्ञान के इतिहास में पॉलीवाटर की कहानी बड़ी रुचिकर और मजेदार है। यह कोई विशुद्ध वैज्ञानिक त्रुटि थी या महज एक शगूफा? इसके बारे में शायद ही हम कभी जान सकें।

पानी की समस्थानिक किस्में

क्या आप जानते हैं कि एक गिलास साधारण पानी में पानी की अठारह विभिन्न किस्में मौजूद होती हैं? यह पानी कुएं और तालाब का भी हो सकता है या फिर किसी नहर, नदी, झील या समुद्र का। हर तरह के पानी में ये सभी किस्में मौजूद हैं। पानी की इतनी अधिक किस्में पानी के तत्वों, हाइड्रोजन और आक्सीजन के कई समस्थानिकों के कारण संभव हैं। समस्थानिक वे तत्व होते हैं जिनका परमाणु क्रमांक एक ही होता है लेकिन उनके परमाणु भार भिन्न होते हैं। ऐसा उनके नाभिक में न्यूट्रानों की संख्या भिन्न-भिन्न होने से होता है। हाइड्रोजन के तीन समस्थानिक होते हैं। ये हैं–^{1}H, ^{2}H और ^{3}H। सामान्य हाइड्रोजन यानी ^{1}H को प्रोटियम कहते हैं। इसके नाभिक में सिर्फ एक प्रोटान तथा कोई न्यूट्रान नहीं होता है। अन्य तरह के हाइड्रोजन इतने आम नहीं होते हैं, परंतु वे काफी महत्वपूर्ण होते हैं और उन्हें विशेष नाम और प्रतीक दिये गये हैं। ^{2}H को ड्यूटीरियम (D) तथा ^{3}H को ट्राइटियम (T) कहते हैं। ड्यूटीरियम परमाणु के नाभिक में एक प्रोटान और एक न्यूट्रान होता है तथा ट्राइटियम में एक प्रोटान और दो न्यूट्रान पाये जाते हैं। एक ड्यूटीरियम परमाणु साधारण हाइड्रोजन से लगभग दो गुना तथा एक ट्राइटियम परमाणु साधारण हाइड्रोजन से करीब तीन गुना भारी होता है। आक्सीजन से संयुक्त होकर ये भारी जल (हेवी वाटर) का निर्माण करते हैं। भारी जल यानी ड्यूटीरियम आक्साइड (D_2O) साधारण जल से करीब 11 प्रतिशत अधिक भारी होता है। भारी जल का इस्तेमाल नाभिकीय रिएक्टरों में न्यूट्रानों के लिए मंदक के रूप में होता है। भारी जल 3.8 डिग्री सेल्सियस पर बर्फ बनता है और 101.4 डिग्री सेल्सियस ताप पर उबलता है। ट्राइटियम आक्सीजन से मिलकर अतिभारी जल या सुपर-हेवी वाटर (T_2O) बनाता है। इसका द्रवणांक 9 डिग्री सेल्सियस तथा क्वथनांक 104 डिग्री सेल्सियस होता है और 20 डिग्री सेल्सियस ताप पर इसका घनत्व 1.33 ग्राम/सेमी^{3} होता है; अर्थात साधारण पानी की तुलना में यह एक 33 प्रतिशत भारी होता है।



चित्र 23 : भारी पानी लेकिन इतना भारी नहीं।

सारणी 3
पानी की समस्थानिक किस्में

$H_2{}^{16}O$ (18)	$D_2{}^{16}O$ (20)	$T_2{}^{16}O$ (22)	$HD^{16}O$ (19)	$HT^{16}O$ (20)	$DT^{16}O$ (21)
$H_2{}^{17}O$ (19)	$D_2{}^{17}O$ (21)	$T_2{}^{17}O$ (23)	$HD^{17}O$ (20)	$HT^{17}O$ (21)	$DT^{17}O$ (22)
$H_2{}^{18}O$ (20)	$D_2{}^{18}O$ (22)	$T_2{}^{18}O$ (24)	$HD^{18}O$ (21)	$HT^{18}O$ (22)	$DT^{18}O$ (23)

(नोट : अणु भार नीचे कोष्ठकों में दिये गये हैं)

आक्सीजन के तीन समस्थानिक होते हैं। ये हैं—^{16}O, ^{17}O तथा ^{18}O। इस तरह इन समस्थानिकों के हाइड्रोजन के साथ संयोग से पानी की कुल 18 किस्में बन जाती हैं। इन्हें सारणी 3 में दिखाया गया है। रासायनिक तौर पर इन किस्मों को अलग कर पाना संभव नहीं है। इन किस्मों की प्रचुरता इस बात पर निर्भर करती है कि पानी किस स्रोत से लिया गया है। जैसे साधारण नल के पानी में प्रति टन 150 ग्राम भारी पानी होता है जबकि प्रशांत महासागर में यह मात्रा 165 ग्राम प्रति टन होती है। यह विभिन्नता प्रकृति में समस्थानिकों के लगातार आदान-प्रदान के कारण होती है।

इस तरह हम देखते हैं कि पानी अठारह विभिन्न समस्थानिक किस्मों का मिश्रण होता है। इसमें भार के हिसाब से $H_2{}^{16}O$ (अणु भार 18) सबसे हलका है, जबकि $T_2{}^{18}O$ (अणु भार 24) सबसे भारी है। पानी की ये किस्में 18 तक ही सीमित नहीं हैं। यदि हम हाइड्रोजन और आक्सीजन के कृत्रिम रूप से बनाये गये रेडियो सक्रिय समस्थानिकों को भी शामिल कर लें तो 80 और किस्में संभव हैं। इनमें $H_2{}^{14}O$ सबसे हलका है जिसका अणु भार 16 है और $^5H_2{}^{20}O$ सबसे भारी है जिसका अणु भार 30 है। पानी की विभिन्न किस्मों में से साधारण जल या 'प्रोटियम वाटर' जीवन के लिए बहुत उपयोगी है। दूसरे तरह के समस्थानिक पानी का उपयोग रासायनिक अभिक्रियाओं की गति और उनके मार्ग निर्धारण में करते हैं।

5

हाइड्रोजन बंध यानी परदे के पीछे के कारीगर

पानी H_2O है यानी दो भाग हाइड्रोजन और एक भाग आक्सीजन, लेकिन उसमें एक तीसरी चीज भी है जो उसे पानी बनाती है और उसे कोई नहीं जानता।

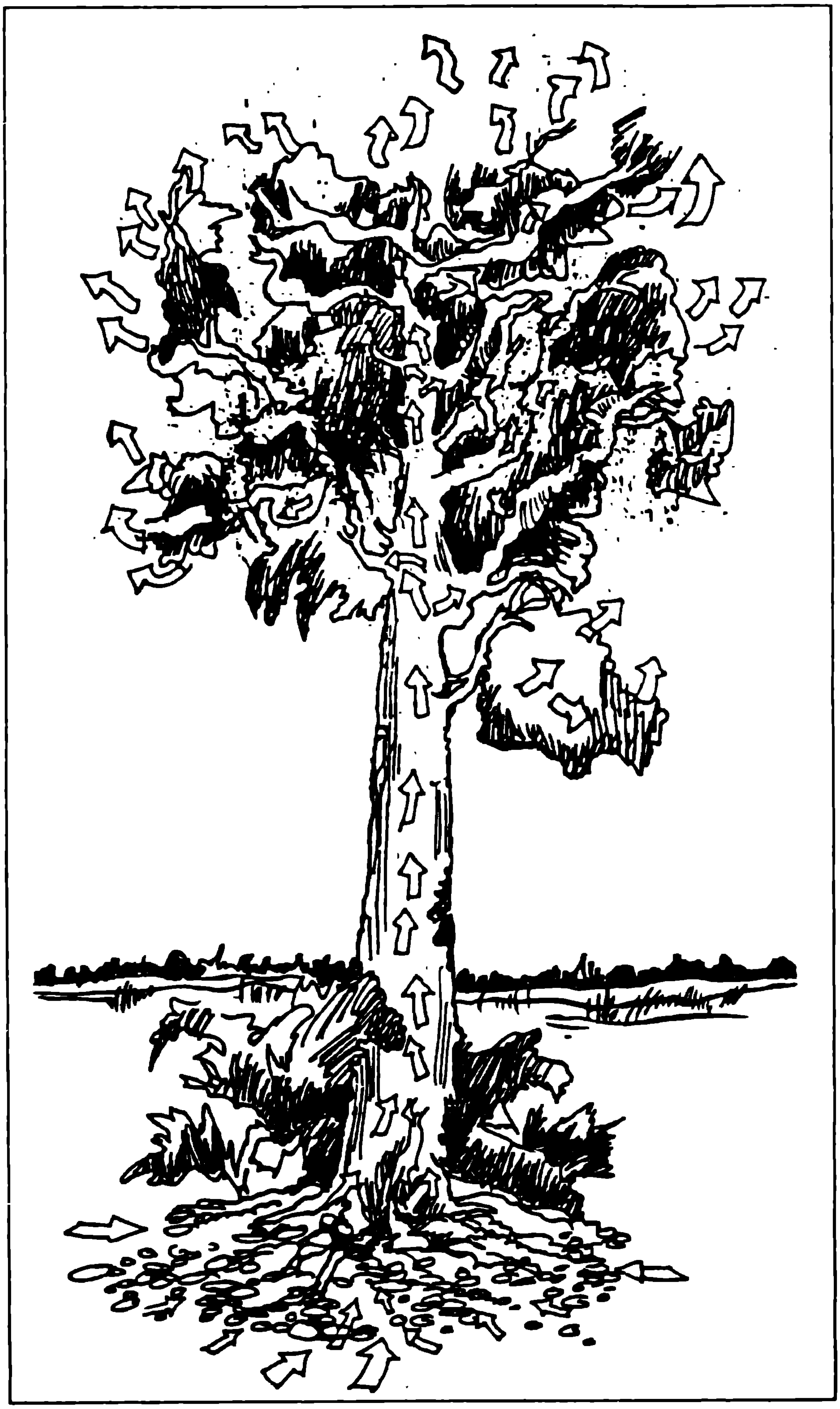
—ऑन वाटर, डी.एच. लारेंस (1885-1930)
—दि थर्ड थिंग, पर्सीज, 1920

हाइड्रोजन बंधों की सामर्थ्य 3-10 किलोकैलोरी/अणु होती है। ये सहसंयोजक बंधों की तुलना में काफी कमजोर होते हैं। सहसंयोजक बंधों की सामर्थ्य लगभग 70-110 किलोकैलोरी/अणु होती है। पानी के अणु में हाइड्रोजन बंध की सामर्थ्य हाइड्रोजन और आक्सीजन के मध्य बंध की सामर्थ्य का करीब बीसवां हिस्सा होती है। इसके बावजूद पानी के भौतिक और रासायनिक गुणों के निर्धारण में हाइड्रोजन बंध की बड़ी अहम् भूमिका होती है। हाइड्रोजन बंधों की वजह से पानी की रचना थोड़ी व्यवस्थित हो जाती है और यह कुछ-कुछ ठोस जैसा व्यवहार करता है। ये बंध केवल बर्फ और पानी में ही नहीं पाये जाते, बल्कि वाष्प में भी इन्हें देखा गया है। यदि पानी में हाइड्रोजन बंध नहीं होते तो पानी भी सामान्य ताप एवं दाब पर हाइड्रोजन सल्फाइड की तरह गैसीय अवस्था में होता। तब इसका द्रवणांक -100°C होता तथा यह -80°C पर उबलता। और यदि वास्तव में ऐसा होता तो धरती पर पानी गैसीय अवस्था में मिलता। ऐसे में न तो महासागर होते और न ही नदियां एवं झीलें। ऐसी स्थिति में जीवन भी न होता।

शायद आपको लगता हो कि पानी को गरम करने पर वाष्प बनने के दौरान सारे हाइड्रोजन बंध टूट जाते होंगे और गैसीय अवस्था में हाइड्रोजन बंध नहीं होते होंगे। लेकिन यह अनुमान सच नहीं है। वास्तव में वाष्प अवस्था में 350°C तक हाइड्रोजन बंध पाए जाते हैं।

हाइड्रोजन बंध : चेहरा एक, रूप अनेक

पानी के अणुओं के बीच संसंजन और आसंजन बल काम करते हैं जिनकी वजह से पानी किसी पतली नली में गुरुत्व बल के विरुद्ध ऊपर चढ़ जाता है। इसे केशिकत्व



चित्र 24 : हाइड्रोजन बंध, जड़ से शिखर तक पानी की यात्रा के सूत्रधार।

कहते हैं। बहुत ऊंचे पेड़ों में पानी इसी गुण के कारण ऊंचाई तक चढ़ जाता है। संसार में कुछ ऐसे पेड़ भी पाये जाते हैं जिनकी ऊंचाई 100 मीटर से भी ज्यादा होती है। इनमें सिकोया, बरगद और यूकेलिप्टस के नाम विशेष तौर पर लिये जा सकते हैं। प्रश्न यह है कि इतनी ऊंचाई तक पानी कैसे चढ़ जाता है? उसके पीछे कौन-सी ताकत होती है। पहले इस बात को लेकर कई तरह के सिद्धांत प्रतिपादित किये गये थे। इनमें मूल दाब सिद्धांत, जैव बल सिद्धांत तथा चूषण पंप सिद्धांत मुख्य हैं। लेकिन ये केवल ऐतिहासिक महत्व की चीजें हैं क्योंकि इनकी कोई वैज्ञानिक व्याख्या संभव नहीं है। आज का संसंजन बल सिद्धांत एक प्रकार से सर्वमान्य सिद्धांत है। इसके अनुसार पानी के अणुओं के बीच संसंजन बल के कारण पानी के अणु एक-दूसरे की ओर खिंचे हुए ऊपर पहुंच जाते हैं। मिट्टी में जड़ से लेकर ऊपर पेड़ की चोटी तक पानी के अणुओं की एक अनवरत कतार-सी बनी रहती है। पत्ती की सतह से ज्यों ही एक अणु अपना संपर्क तोड़कर वाष्पीकृत होता है त्यों ही पास वाला दूसरा अणु उसकी जगह ले लेता है। इस तरह यह क्रम बना रहता है और टूटने नहीं पाता। प्रयोगों से ऐसा पाया गया है कि पानी एक घंटे में 100 मीटर



चित्र 25 : नवजात शिशु की पहली सांस यानी हाइड्रोजन बंधों के विरुद्ध संघर्ष।

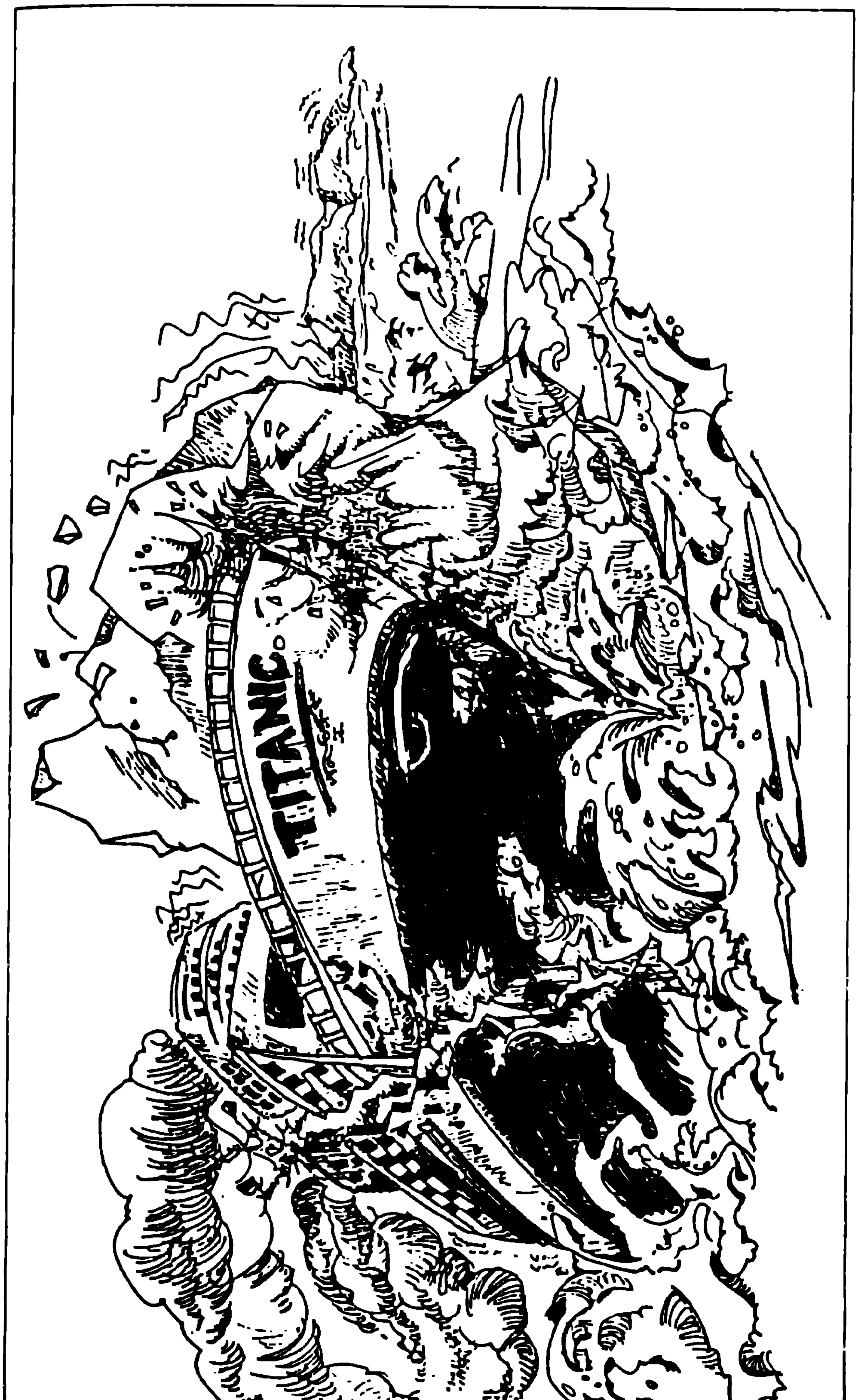
ऊपर तक चढ़ जाता है। पौधों में पानी के ऊपर चढ़ने में हाइड्रोजन बंध की बहुत महत्वपूर्ण भूमिका होती है।

नवजात शिशुओं में जन्म के समय उनके फेफड़े सिकुड़े हुए होते हैं। जन्म के तुरंत बाद इन्हें खुलना चाहिए जिससे बच्चा सांस ले सके। फेफड़ों की दीवारों में तमाम खांचे होते हैं जिनमें पानी होने की वजह से ये दीवारें आपस में चिपकी होती हैं। ऐसा हाइड्रोजन बंध के कारण होता है। फेफड़ों को सक्रिय करने के लिए इन्हें खुलना चाहिए। शिशुओं के फेफड़ों में एक तरह के रसायन का श्राव होता है जिससे पानी का पृष्ठ-तनाव कम हो जाता है और फेफड़ों के बीच लगने वाला संसंजन बल घट जाता है। परिणामस्वरूप फेफड़े खुल जाते हैं। कभी-कभी समय के पूर्व पैदा होने वाले शिशुओं में इन रसायनों का श्राव नहीं होता है जिससे फेफड़े न खुल पाने से बच्चों की मृत्यु हो जाती है।

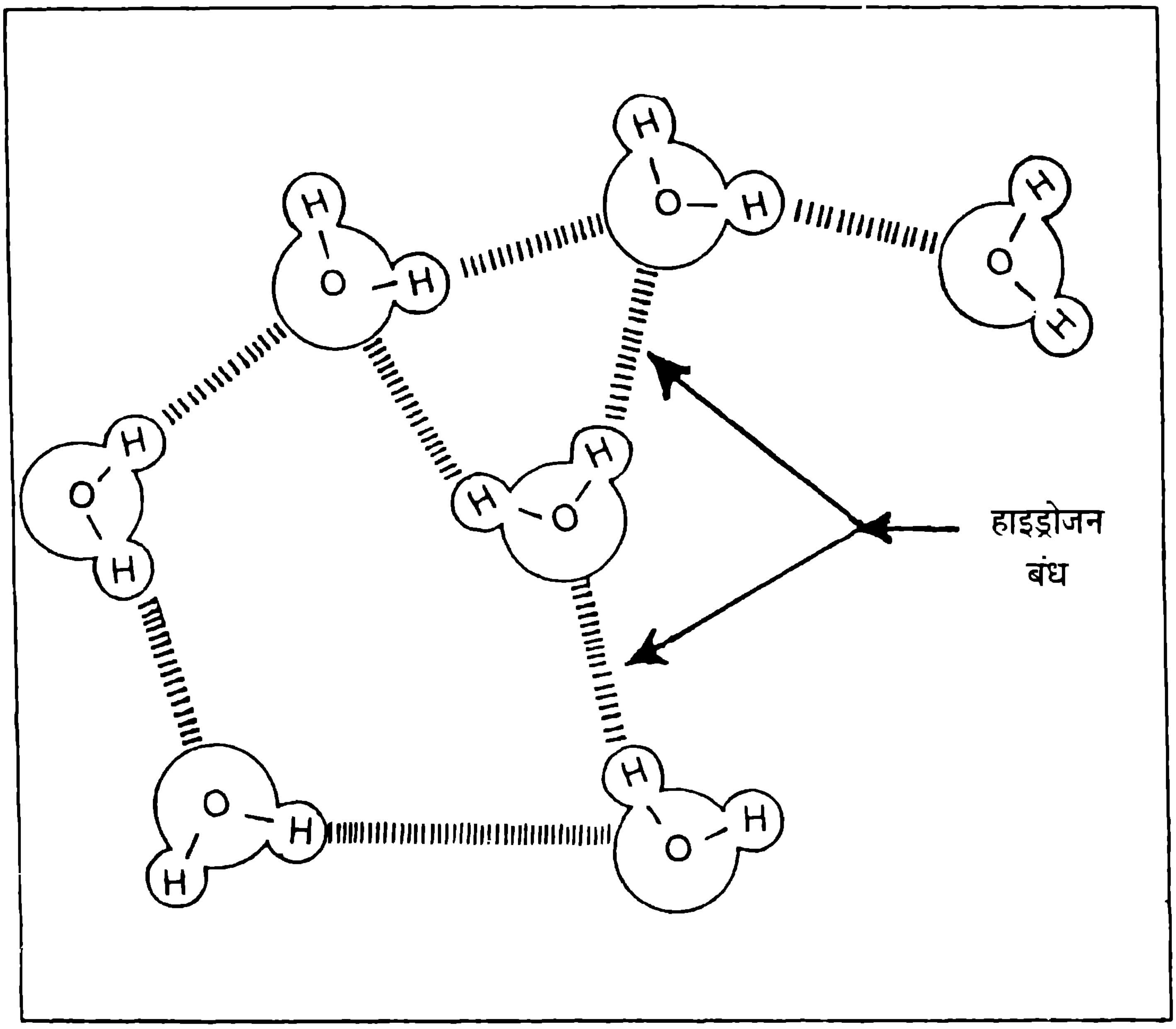
अधिकांश पदार्थ द्रव की अपेक्षा ठोस अवस्था में घने होते हैं अर्थात उनका घनत्व अधिक होता है। लेकिन पानी इसका अपवाद है। बर्फ द्रव जल की अपेक्षा हलकी होती है। यही कारण है कि हिमखंड पानी पर तैरते हैं। ध्रुवीय प्रदेशों से हिमखंड टूट-टूटकर महासागरों में आते रहते हैं। कभी-कभी ये हिमखंड इतने विशाल होते हैं कि उन्हें पिघलने में कई साल तक लग जाते हैं।

ऐतिहासिक **टाइटैनिक** जलयान के दुखद अंत के पीछे प्रकारांतर में इन्हीं हाइड्रोजन बंधों को जिम्मेदार ठहराया जा सकता है। **टाइटैनिक** अपने समय का सबसे बड़ा और सुविधा-संपन्न जहाज था जिसकी अपने जीवन की प्रथम यात्रा ही अंतिम यात्रा साबित हुई। यह जहाज 2200 से ज्यादा यात्रियों के साथ साउथम्पटन से न्यूयार्क के लिए चला था। लेकिन 14-15 अप्रैल, 1912 की रात न्यूफाउंडलैंड के पास हिमखंड से टकराकर यह डूब गया। इस दुर्घटना में लगभग डेढ़ हजार लोग मारे गये। टाइटैनिक की कहानी लोगों के मन में बस-सी गयी है। इस बात का प्रत्यक्ष प्रमाण है चंद साल पहले हॉलीवुड की **टाइटैनिक** नामक फिल्म की अभूतपूर्व सफलता। प्रेम कहानी पर बनी इस फिल्म ने पूरी दुनिया में तहलका मचा दिया तथा रिकार्ड सफलता पायी। पानी के असंगत व्यवहार का एक अन्य उदाहरण ध्यान देने योग्य है। ठंड के दिनों में उन स्थानों में जहां तापमान हिमांक के आसपास या उससे भी नीचे गिर जाता है, पानी के जम जाने से पानी की आपूर्ति करने वाले पाइप फट जाते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि जमने पर पानी का आयतन बढ़ जाता है और पाइप पर दबाव पड़ने से वह फट जाता है।

पानी की विशिष्ट ऊष्मा काफी अधिक होती है। लोहे की तुलना में यह लगभग दस गुना होती है। पानी का पृष्ठ तनाव ग्लिसरॉल से भी अधिक होता है और यह सार्वभौमिक विलायक है। अनुसंधानकर्ता पानी के असंगत गुणों का कारण जानने की कोशिश कर रहे हैं। यूनिवर्सिटी कालेज आफ लंदन के **डेविड क्ले** का मानना



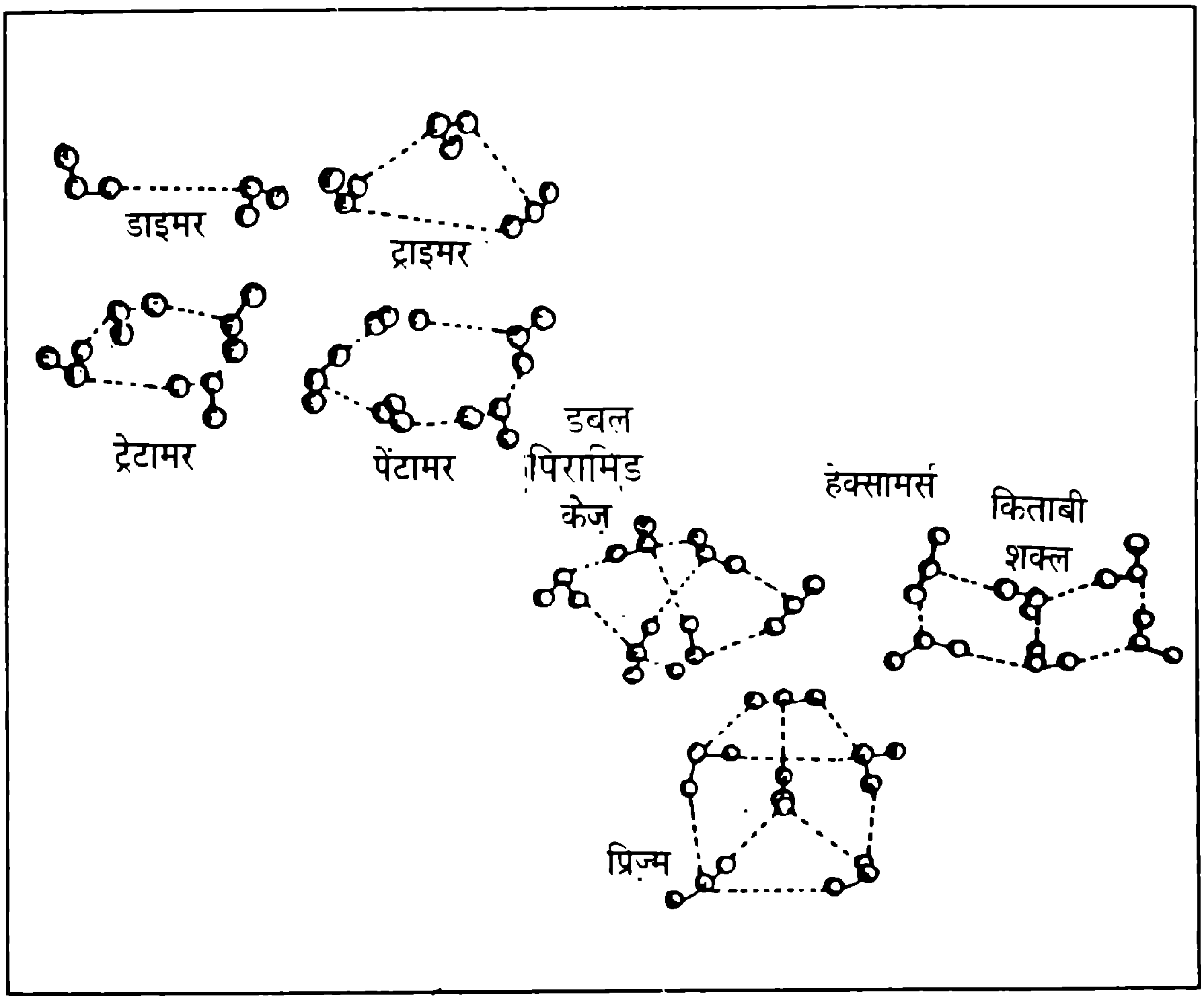
चित्र 26 : टाइटैनिक का दुखद अंत, कारण हाइड्रोजन बंध!



चित्र 27 : हाइड्रोजन बंध, विशिष्ट गुणों के शिल्पकार।

है कि पानी के इन अद्भुत गुणों का कारण उसकी रासायनिक संरचना में निहित है। पानी के दो अणु हाइड्रोजन बंध द्वारा आपस में जुड़े होते हैं। यह बंध सहसंयोजक बंध की तुलना में कई गुना अधिक कमजोर होते हैं, लेकिन फिर भी पानी के गुणों के निर्धारण में इनकी विशेष भूमिका होती है। इसका मतलब यह हुआ कि ये बंध पानी के अणुओं को जोड़ने के लिए पर्याप्त सामर्थ्यवान हैं और साथ ही आसानी से टूट भी जाते हैं। इस कारण पानी के अणु अनेक प्रकार की आकृतियां और खाके बना सकते हैं जो कि इन बंधों के मजबूत होने पर संभव नहीं था। यदि हाइड्रोजन बंध सामर्थ्य में थोड़े और मजबूत होते तो पानी 100° से. पर भी ठोस होता। और यदि ऐसा होता तो शायद धरती पर जीवन शुरू ही न हुआ होता।

सिद्धांतविदों एवं प्रयोगकर्ताओं ने अब मिलकर पानी के रहस्यों को उजागर करने का बीड़ा उठाया है। वैज्ञानिकों में अजीब-सा उत्साह देखने में आ रहा है क्योंकि पानी के रहस्य की परतें धीरे-धीरे खुल रही हैं। **डेविड क्ले** प्रति सेकेंड एक अरब



चित्र 28 : पानी के संभाव्य आणविक गुच्छे।

गणनाएं करने में समर्थ अपने शक्तिशाली कंप्यूटर की मदद से कमजोर बंध के रहस्यों के बारे में जानने में लगे हैं। क्ले महोदय का मानना है कि यदि हम पानी के एक अणु के व्यवहार को समझ लें तो एक-एक अणु जोड़कर पानी के सामूहिक गुणों के बारे में अनुमान लगा सकते हैं। पानी के अणुओं के आपसी संयोजन से बनने वाले इन गुच्छों की आयु बहुत ही कम होती है। ये केवल एक सेकेंड के खरबवें हिस्से तक ही बरकरार रहते हैं, लेकिन वास्तव में पानी के अणुओं के ये झुंड ही पानी के गुणों के लिए जिम्मेदार होते हैं।

क्ले महोदय कंप्यूटर पर पानी के अणुओं के तरह-तरह के गुच्छे बनाकर क्वांटम मैकैनिक्स के आधार पर उनके गुणों और स्थायित्व का अध्ययन करते रहे हैं। तीव्र गति वाले कंप्यूटर की सहायता से वे प्रति सेकेंड लाखों तरह के गुच्छे बना सकते हैं। क्ले महोदय का कहना है कि दो, तीन, चार और पांच अणुओं वाले गुच्छे द्विआयामी होते हैं। लेकिन ज्यों ही छठां अणु जोड़ते हैं, अणुओं से बनने वाला गुच्छा त्रिआयामी (त्रिविम) हो जाता है। छह अणुओं से बने गुच्छे कई तरह की ज्यामितियां बनाते हैं जैसे, खुली किताब जैसी, प्रिज्म जैसी या फिर दोहरे पिरामिड जैसी। गणनाओं

के आधार पर पाया गया कि पिंजरे जैसा छह अणुओं का समुच्चय सबसे अधिक स्थायी है। यह देखने में ऐसा लगता है जैसे दो पिरामिड अपने आधार पर जोड़ दिये गये हों। प्रयोगों द्वारा भी इस बात की पुष्टि हुई है कि ऐसी रचना सर्वाधिक स्थायी है। इससे यह स्पष्ट है कि पिंजरे जैसी रचना की ही पानी के गुणों के निर्धारण में अहम् भूमिका होती है। पानी का एक अनोखा गुण यह है कि यह बहुत ही अच्छा विलायक है। इसे यूं समझा जा सकता है—किसी पदार्थ को घुलने के लिए जरूरी है कि वह माध्यम में अणुओं से पूरी तरह घिर जाये। द्विआयामी मॉडलों से ऐसा संभव नहीं है। लेकिन पिंजरे जैसी आकृति में आवेश का असमान वितरण होता है। इस तरह का संयोजन होने से कोई भी ध्रुवीय पदार्थ अपने घटकों में तोड़ दिया जाता है। यही कारण है कि आयनिक लवण और ध्रुवीय यौगिक पानी में आसानी से घुल जाते हैं।

यदि आप किसी तालाब, नदी, झील या समुद्र में कूद पड़ें तो आपका भीगना तय है। लेकिन यदि पानी के गुच्छे छह अणुओं से कम के बने हों तो आप बिल्कुल नहीं भीगेंगे। अनुसंधानकर्ताओं ने इस तथ्य का रहस्योद्घाटन किया है कि पानी द्रव जैसा बर्ताव तब तक नहीं कर सकता जब तक कि उसके कम-से-कम आधा दर्जन अणु आपस में संयुक्त न हों। इस शोध का काफी प्रायोगिक महत्व है क्योंकि इससे हमें पता चलता है कि पानी किस तरह अन्योन्य क्रिया करता है और पदार्थ को खुद में घोल लेता है। इससे हमें पानी के पानीपन के बारे में गहराई तक पता चलता है। मैनचेस्टर यूनिवर्सिटी स्थित इंस्टीट्यूट आफ साइंस एंड टेक्नालॉजी के **जिचेन ली** ने तमाम तरह के गुच्छों में हाइड्रोजन बंधों का अध्ययन किया है। स्टैनफोर्ड यूनिवर्सिटी के **डेविड रॉस** और बर्मिंघम यूनिवर्सिटी में अपने सहकर्मियों के साथ काम करते हुए ली महोदय को काफी ऐसे प्रमाण मिले हैं जिनसे उन्हें लगता है कि हाइड्रोजन बंध संभवतः दो प्रकार के होते हैं और इससे उन्हें पानी के अद्भुत गुणों को समझने में सहायता मिल सकती है। रदरफोर्ड एप्लेटन लैबोरेटरी में ली महोदय ने बर्फ पर न्यूट्रानों से बमबारी करके अणुओं में कंपन पैदा किया और उसे मापा। उन्हें जो प्रेक्षण मिले वे सचमुच विस्मयकारी थे। उन्होंने पाया कि अणुओं के बीच दो तरह की सामर्थ्य थी। इससे लगा कि हाइड्रोजन बंध दो तरह के होते हैं। वैज्ञानिकों का मानना है कि दो तरह के हाइड्रोजन बंध होने से ही पानी इतनी लंबी तापमान शृंखला तक द्रव बना रहता है। उनका अनुमान है कि संभवतः कमजोर हाइड्रोजन बंधों के टूटने से पानी पिघलता है और मजबूत बंधों के टूटने से यह 100° से. ताप पर उबलता है। ली महोदय का यह भी अनुमान है कि मानव के शरीर के तापमान (37° से.) का भी शायद इन दो तरह के बंधों के आपसी अनुपात से कुछ लेना-देना हो। वैसे तो उनकी बात सरसरी तौर पर मात्र एक अटकल ही लगती है, लेकिन बहुत संभव है कि उनकी बातों में गहरी सच्चाई हो जिसका पता हमें बाद में चले।

लचीले बंध बनाम, लचीले कायदे-कानून

हालांकि पानी धरती का सबसे आम और जाना-पहचाना द्रव है फिर भी यह सबसे रहस्यमय है। इसके अनेक असंगत गुणधर्म हैं जिन्हें वैज्ञानिक समझने की कोशिश कर रहे हैं। इनमें एक गुण है पानी के प्रसार का। जब पानी को 4° से. से 0° से. तक ठंडा करते हैं तो इसमें प्रसार होता है यानी इसका आयतन बढ़ता है। टेक्सास यूनिवर्सिटी के वैज्ञानिकों का मानना है कि पानी के आयतन में वृद्धि हाइड्रोजन बंधों की लचक के कारण होती है। जैसा कि हम जानते हैं, सभी द्रव गरम करने पर फैलते हैं, लेकिन पानी 4° से. के बाद ही ऐसा करता है। 4° से. के नीचे इसका व्यवहार उलटा होता है। अपने हिमांक के पास पानी की यह अद्‌भुत प्रवृत्ति और उसका व्यवहार जलीय जीवों के जीवित रहने के लिए बहुत महत्वपूर्ण है।

यदि ठंडा पानी बर्फ के समान हलका होता तो तालाब, नदियों, झीलों और समुद्र का पानी तलहटी से जमना प्रारंभ होता। ऐसी स्थिति में पानी में रहने वाले जीवों के लिए जिंदा रह पाना बिल्कुल संभव न होता। लेकिन सौभाग्य से बर्फ ऊष्मा का कुचालक है। अतः पानी के ऊपर जमी बर्फ की परत, नीचे स्थित पानी को बाहरी वातावरण से प्रभावित नहीं होने देती। यही कारण है कि टुंड्रा, टैगा और साइबेरिया जैसे ठंडे प्रदेशों में जहां तापमान शून्य से काफी नीचे चला जाता है तथा नदियां और झीलें ऊपर से जम जाती हैं, लेकिन ऐसे में भी वहां के जलीय जीव जीवित रहते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि बर्फ की परत के नीचे का तापमान 4° से. बना रहता है जो जलीय जीवों के जिंदा रहने के लिए पर्याप्त होता है।

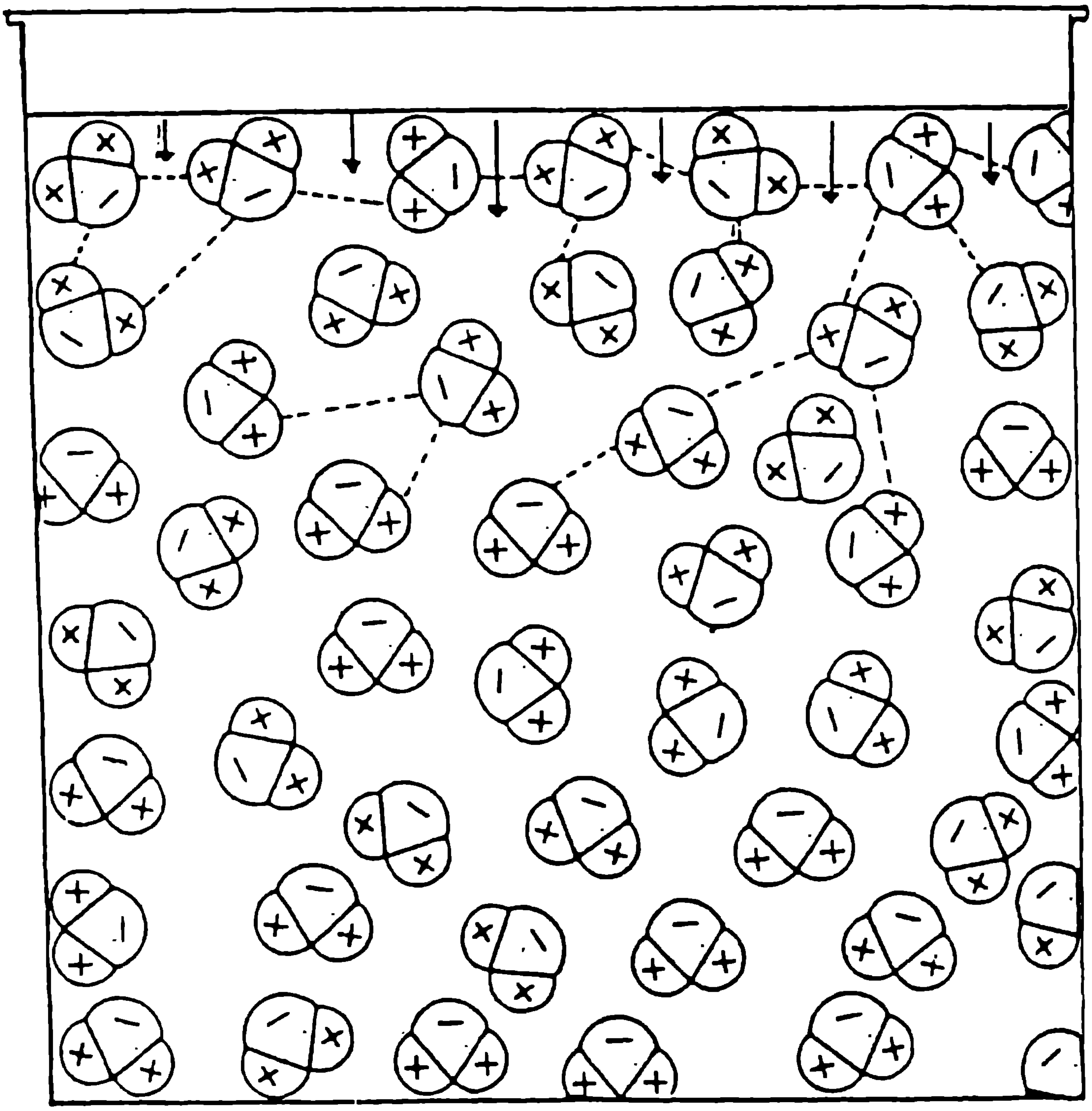
बर्फ की ज्ञात सभी 10 तरह की संरचनाओं और पानी में दो निकटस्थ आक्सीजन परमाणुओं के बीच की दूरी 2.8 ऐं.° (ऐंग्स्ट्रान) होती है। वैज्ञानिकों की रुचि दो निकटतम आक्सीजन परमाणुओं के मध्य दूरी ज्ञात करने में अधिक है। सामान्य और कम घनत्व की बर्फ में यह दूरी 4.5 ऐं.° होती है, जबकि अपेक्षाकृत अधिक घने रूप में यह दूरी 3.4 ऐं.° होती है। मैसाच्युसेट्स इंस्टीट्यूट आफ टेक्नालॉजी (संयुक्त राज्य अमेरिका) में पानी पर किये गये अनुसंधान से पता चला है कि ठंडे पानी में दो तरह की दूरियां पायी जाती हैं। ऐसा पाया गया है कि 4°से. तापमान पर 3.4 ऐं.° की दूरी अधिक पायी जाती है, लेकिन हिमांक के करीब पहुंचने पर 4.5 ऐं.° की दूरी तुलनात्मक रूप से अधिक होती है। इसी कारण पानी के आयतन में प्रसार होता है। कुछ वैज्ञानिकों का विश्वास है कि प्राकृतिक तौर पर जमी हुई बर्फ में आक्सीजन-आक्सीजन के बीच की विभाजक दूरी 4.5 ऐं.° होती है, लेकिन उच्चदाब पर बनायी गयी बर्फ में 3.4 ऐं.° की दूरी अधिक मिलती है। चूंकि हाइड्रोजन बंध बहुत कमजोर होते हैं अतः आवश्यकता के अनुसार वे आसानी से लचक सकते हैं।



चित्र 29 : सतह पर जमी हुई झील, लेकिन भीतर का सजीव संसार बरकरार।

सतह पर सही, लेकिन सतही नहीं

हाइड्रोजन बंध के कारण पानी की सतह खिंची हुई त्वचा जैसी होती है। पानी के अणु इधर-उधर कुछ इस तरह घूमते हैं जैसे वे नशा किये हुए घुमंतू हों जो पास के गुजरने वाले हर आदमी से हाथ मिलाते हों। पानी के अंदर हर अणु पर लगने वाले बल का सदिश योग शून्य होता है। लेकिन जब ये अणु घूमते-घूमते पानी की सतह पर आते हैं तो वहां सिर्फ तीन ओर ही (अगल-बगल और नीचे) हाइड्रोजन बंध से जुड़े हुए पानी के दूसरे अणु होते हैं। ऊपर की ओर अणु नहीं होते। इस तरह नीचे की ओर एक शुद्ध बल काम करता है। इस कारण पानी के अणु सतह को छोड़कर जा नहीं पाते। सतह पर स्थित सभी अणुओं पर नीचे की ओर एक



चित्र 30 : प्रबल संसंजन बल के कारण पानी की सतह तनी हुई झिल्ली जैसा व्यवहार करती है।

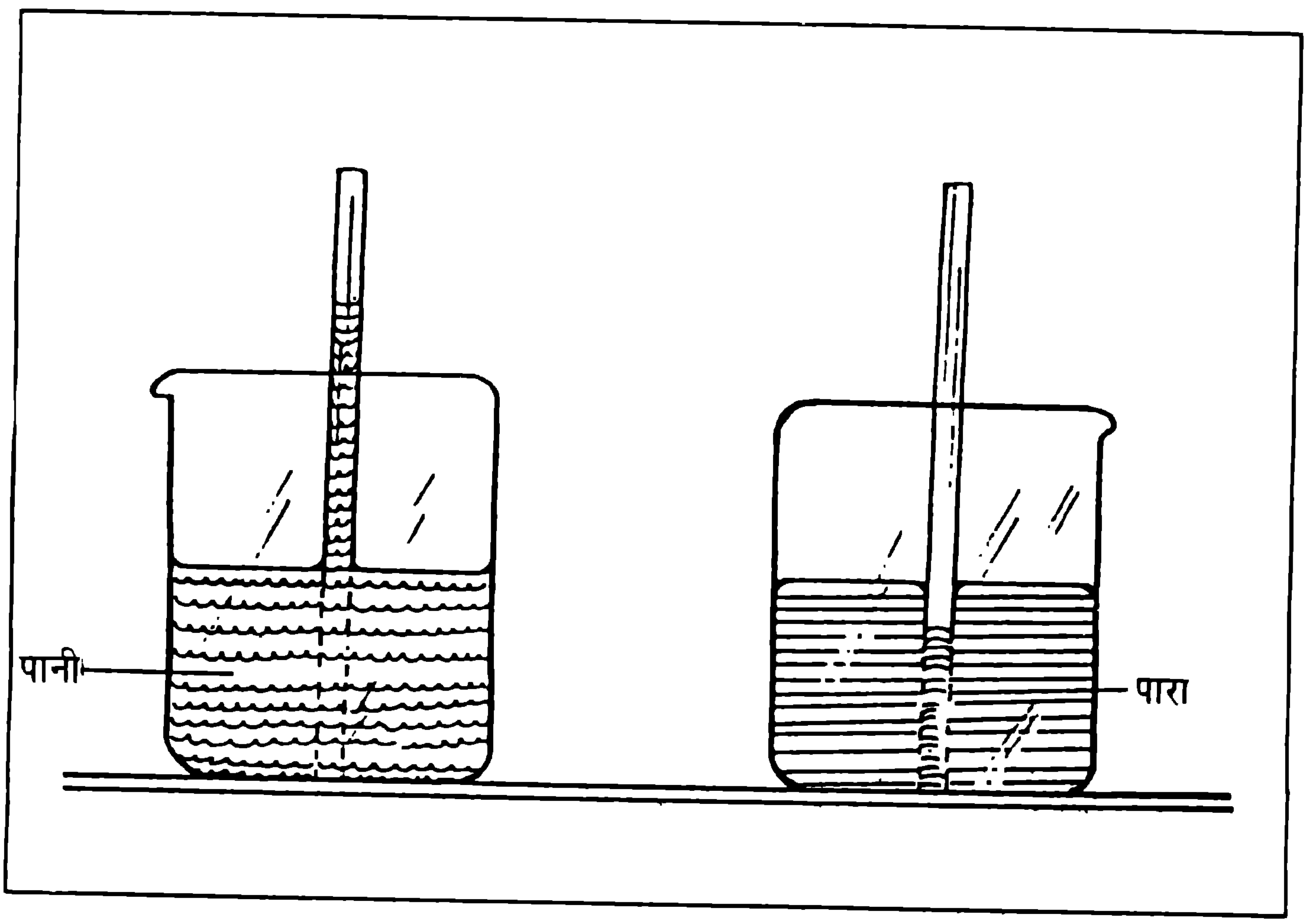
बल काम करता है। इसे ही पृष्ठ-तनाव कहते हैं। पानी और दूसरे पदार्थ के अणुओं (जैसे कांच) के बीच लगने वाले बल के कारण केशिका में पानी ऊपर चढ़ जाता है। इसे केशिकत्व कहते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पानी और पदार्थ के बीच लगने वाले बल (संसंजन बल) का मान स्वयं पानी के अणुओं के बीच लगने वाले बल (आसंजन बल) से अधिक होता है।

पतली नलिका में किसी द्रव द्वारा बनाया गया अर्धचंद्राकार तल दो तरह का होता है; नतोदर और उन्नतोदर। पानी का तल नतोदर (नीचे की ओर झुका हुआ) होता है जबकि पारे का तल उन्नतोदर (ऊपर की ओर उठा हुआ) होता है। पानी के अणुओं और केशिका की दीवार के बीच लगने वाले बल के प्रभावी होने से पानी अधिक-से-अधिक क्षेत्र घेरना चाहता है। इसी प्रयास में वह केशिका में ऊपर चढ़ जाता है। इसके विपरीत पारे में आसंजन बल के प्रभावी होने से वह अपना क्षेत्र

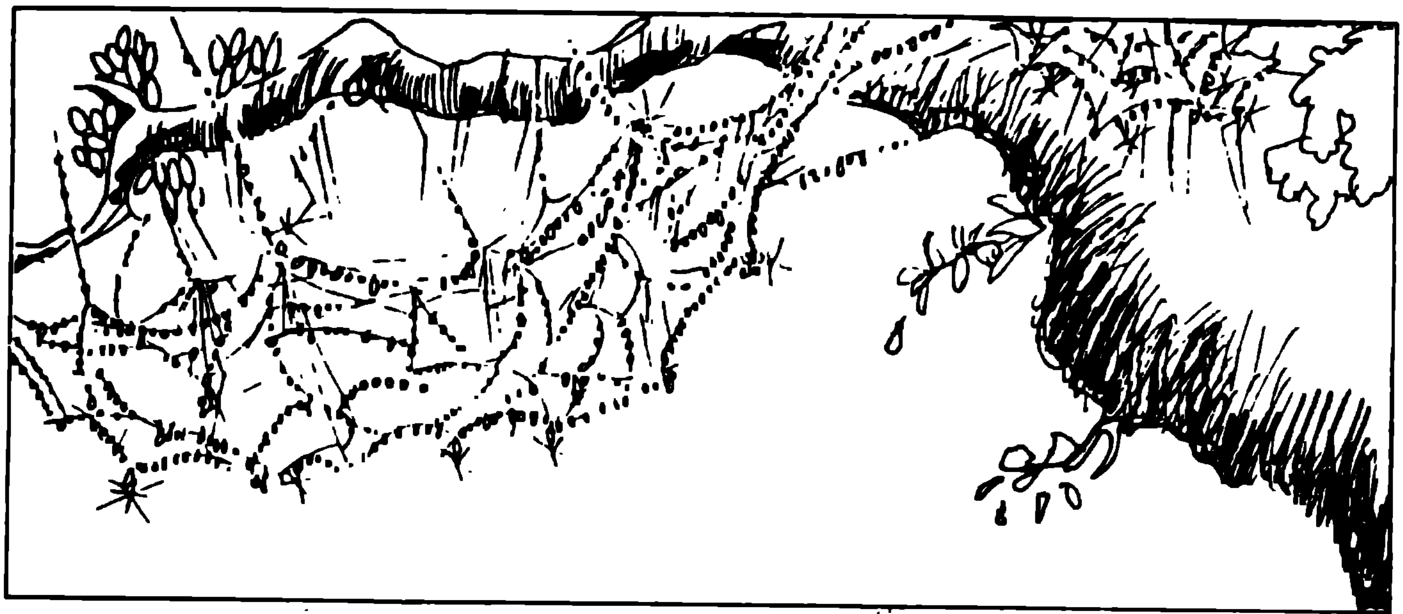
कम-से-कम रखना चाहता है जिसकी वजह से उसका तल किनारों पर नीचे की ओर झुका होता है।

पानी की सतह एक खिंची हुई झिल्ली की तरह व्यवहार करती है। किसी द्रव की सतह पर इकाई लंबाई पर काम करने वाले बल को उसका पृष्ठ-तनाव कहते हैं। इसे न्यूटन प्रति मीटर में नापते हैं। पानी का पृष्ठ-तनाव 71.97 मिलीन्यूटन प्रति मीटर होता है। पृष्ठ-तनाव के कारण ही बरसात की बूंदें गोल होती हैं। घास और पत्तियों पर पानी की बूंदें तो देखते ही बनती हैं। मकड़ी के जाले पर लदी हुई पानी की नन्ही-नन्ही बूंदों का नजारा मोती के मनकों से बने हार जैसा दिखता है। पत्तियों की चिकनी सतह पर पानी की बूंदे पृष्ठ-तनाव के कारण ही लगभग गोलाकार होती हैं। ऐसे अनेक उदाहरण हमारे नित्य-प्रतिदिन के जीवन में देखे जा सकते हैं। हवा में लटकी पानी की बूंद गोल होती है क्योंकि पानी अपने पृष्ठ क्षेत्र को कम-से-कम रखना चाहता है और किसी निश्चित द्रव्यमान के लिए गोलीय अवस्था में ही उसका पृष्ठ क्षेत्र सबसे कम होता है।

धरती पर पानी की बूंदें गुरुत्व बल के कारण थोड़ी चपटी होती हैं। लेकिन गुरुत्वहीन वातावरण मे सिर्फ पृष्ठ-तनाव ही एकमात्र बल होता है जिसके कारण ऐसे वातावरण में पानी की बूंदें एकदम गोल होती हैं। धरती के वायुमंडल से बाहर

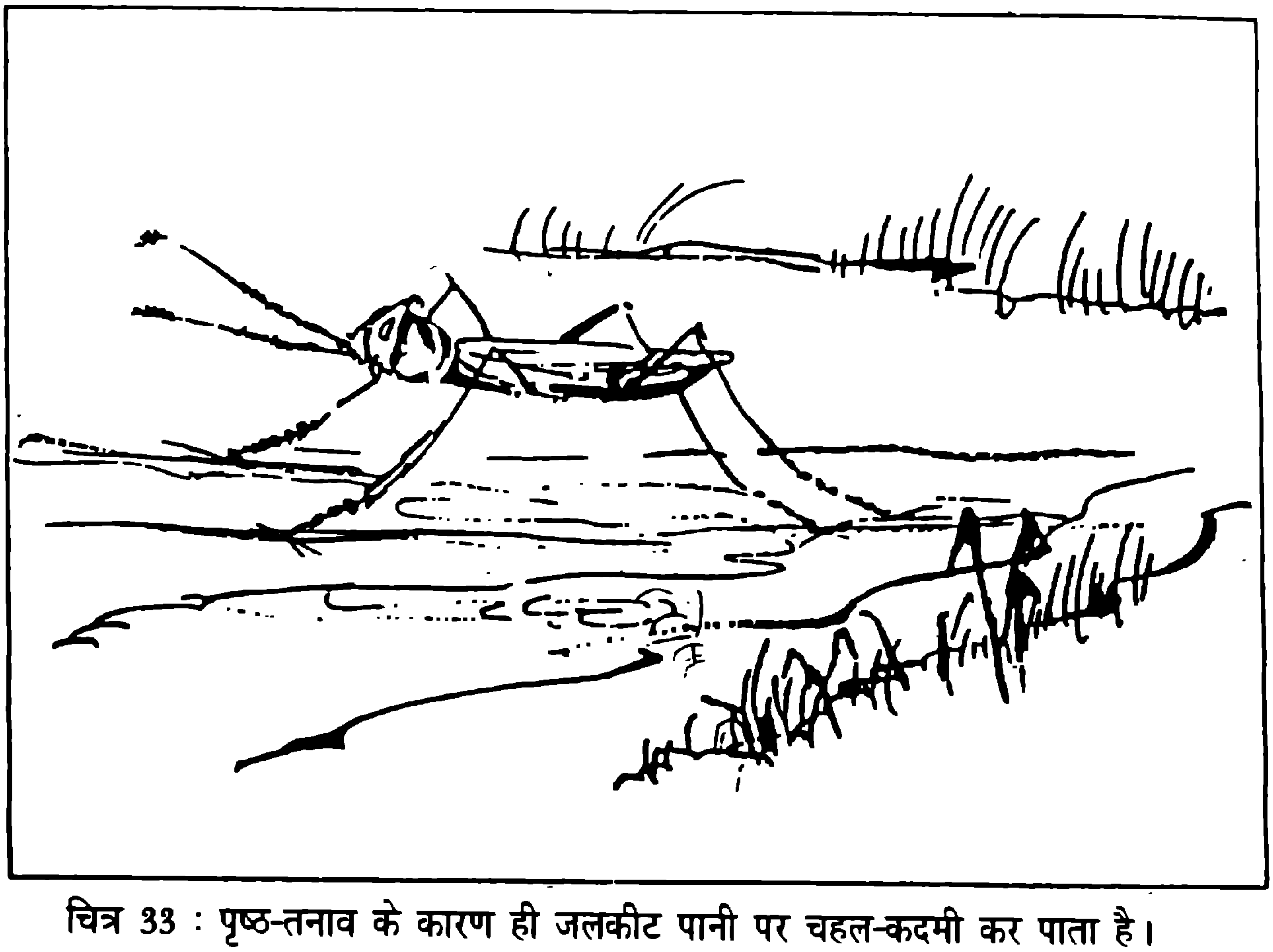


चित्र 31 : द्रवों में केशिकत्व एवं नवचंद्र, पृष्ठ-तनाव की देन।



चित्र 32 : मकड़ी के जाल में ओस की नन्ही बूंदों का रोचक दृश्य।

घूम रहे उपग्रहों और अंतरिक्ष यानों में गुरुत्वहीनता के कारण पानी की बूंदें गोल होती हैं। वैज्ञानिकों ने अंतरिक्ष में प्रयोग के दौरान स्पेस शटल में छोटी-छोटी (0.01 मिलीमीटर व्यास की) गोलिकाएं बनायी हैं जो अब व्यावसायिक रूप से उपलब्ध हैं। कुछ कीट पानी की सतह पर फिसल सकते हैं। वाटर स्ट्राइडर नामक कीट बड़े आराम से पानी की सतह पर चहल-कदमी करता है। ऐसा इसलिए संभव है क्योंकि कीट के भार के कारण नीचे की ओर कार्यरत बल, पानी के पृष्ठ-तनाव के कारण लगने वाले बल के मान से कम होता है। इसलिए कीट पानी की झिल्ली पर बड़े आराम से फिसलता रहता है।

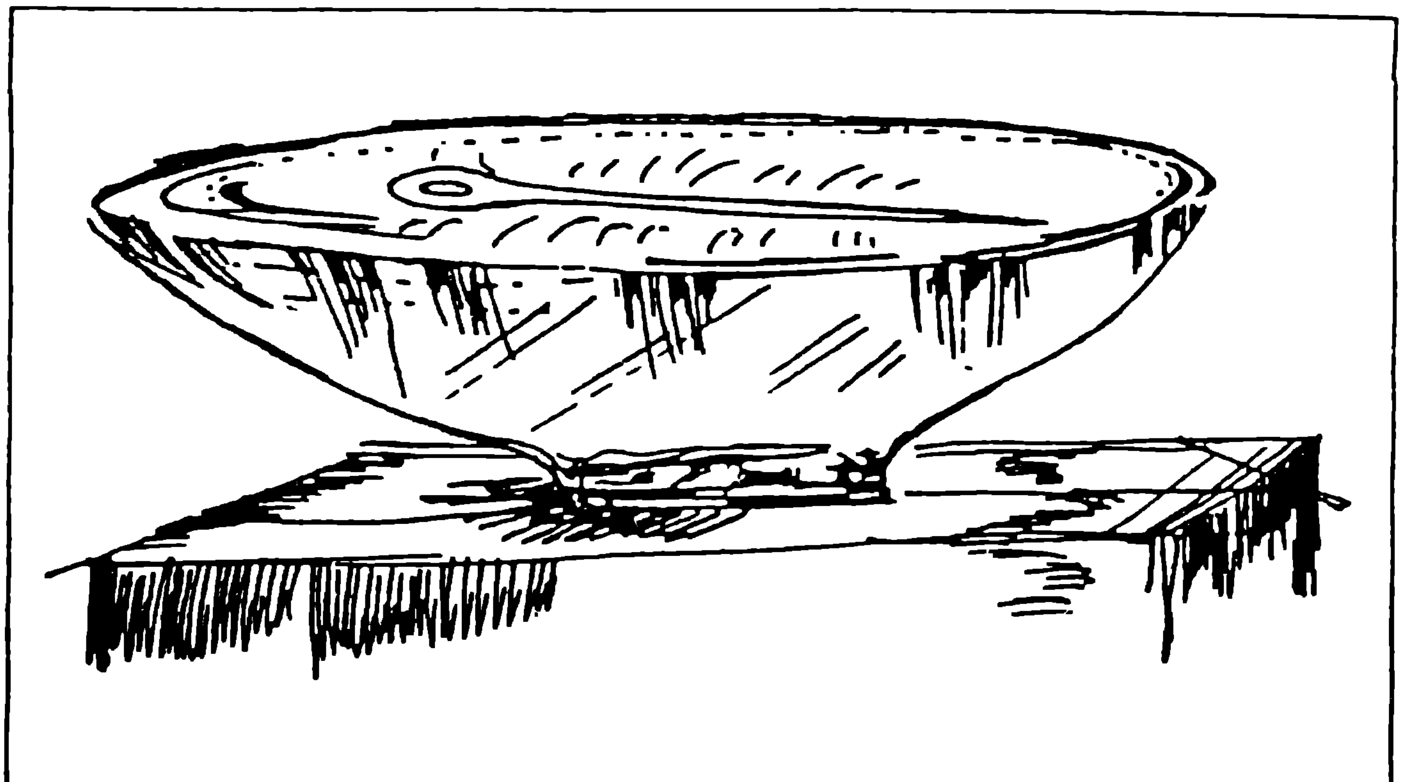


चित्र 33 : पृष्ठ-तनाव के कारण ही जलकीट पानी पर चहल-कदमी कर पाता है।

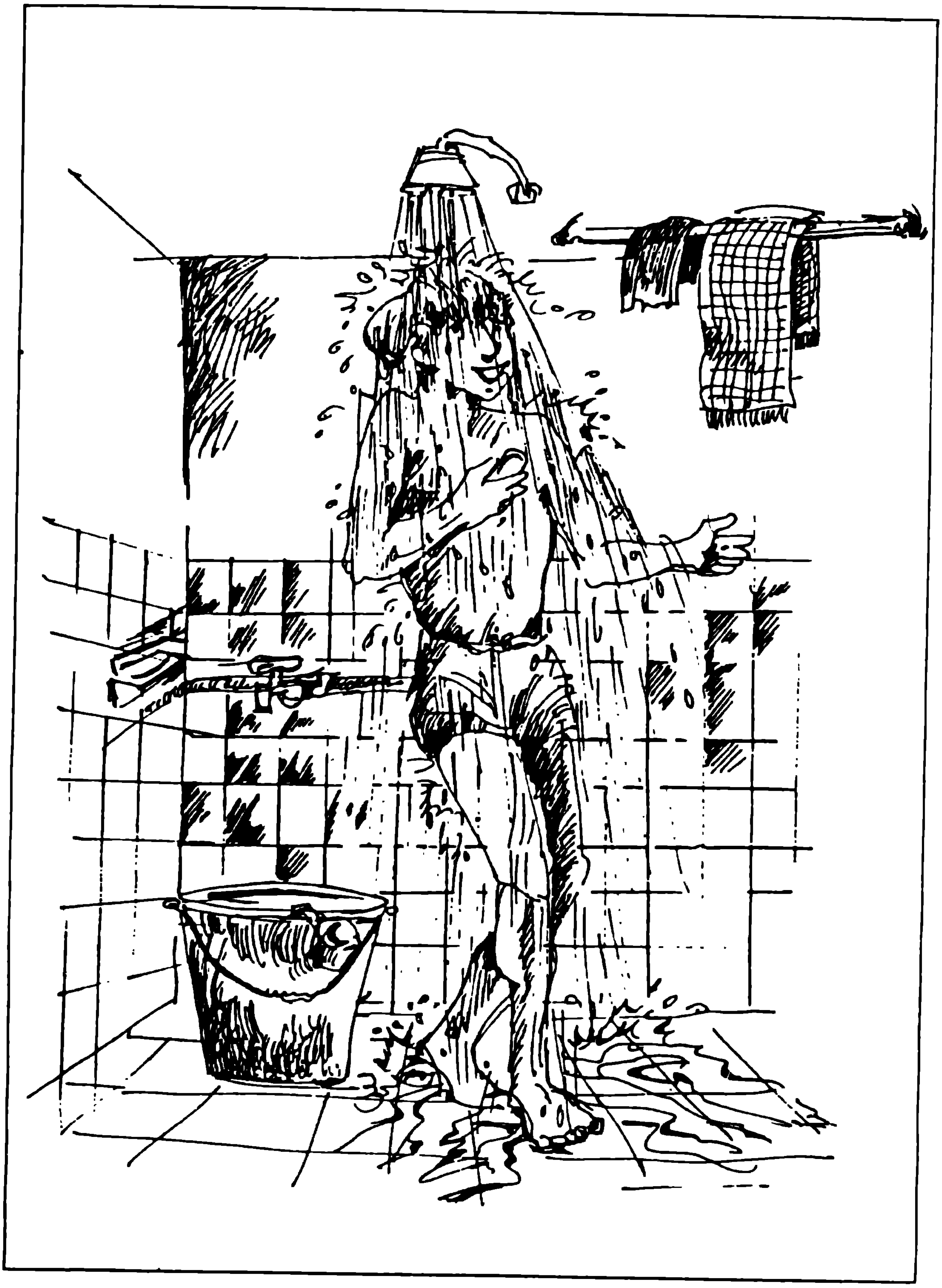
एक दूसरे प्रयोग द्वारा भी हम अपने दैनिक जीवन में पानी के पृष्ठ-तनाव को देख सकते हैं। एक खुले मुंह के बरतन में पानी लीजिये। पानी शांत होना चाहिए। अब उस पर एक सोख्ता कागज धीरे से रख दीजिये। फिर उस कागज पर धीरे से एक सुई रख दीजिये। केशिकत्व के कारण सोख्ता कागज धीरे-धीरे पानी सोखेगा और कुछ देर बाद पानी में डूब जायेगा, लेकिन लोहे की सुई पानी की सतह पर तैरती रहेगी। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पानी का पृष्ठ-तनाव उसे सतह पर ही रोके रखता है। हां, यदि हम पानी को हिला दें तो विक्षोभ के कारण सुई डूब जायेगी। पानी में साबुन या कोई डिटरजेंट डाल देने पर भी पृष्ठ-तनाव घट जाने से सुई डूब जायेगी। पानी के अणुओं के ध्रुवीय होने तथा पानी में अंतराणविक हाइड्रोजन बंध के कारण पानी के पृष्ठ-तनाव एवं श्यानता के मान अपेक्षाकृत अधिक होते हैं।

फव्वारे से निकलने वाला पानी भी ठंडा होता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पानी को नन्ही-नन्ही बूंदों में बदलने के लिए पृष्ठ-तनाव के विरुद्ध कार्य किया जाता है और यह कार्य खुद पानी द्वारा ही किया जाता है। पानी द्वारा कार्य किये जाने से पानी की आंतरिक ऊर्जा में कमी आती है। चूंकि आंतरिक ऊर्जा का संबंध सीधे तापमान से होता है इसलिए ऊर्जा में कमी के कारण पानी का तापमान गिर जाता है।

श्यानता किसी तरल (द्रव एवं गैस) का वह गुण है जिसके कारण वह गति का विरोध करता है। तरल पदार्थ में तमाम परतें होती हैं। यदि तरल गतिशील होता है तो इन परतों के मध्य घर्षण बल काम करता है। यह बल गति का विरोध करता है और यही विरोध श्यानता को जन्म देता है। ज्यादातर द्रवों में दाब में वृद्धि के साथ श्यानता बढ़ती है। लेकिन पानी का व्यवहार नितांत भिन्न है। पानी में दाब



चित्र 34 : पानी की सतह पर तैरती लोहे की सूई।



चित्र 35 : फव्वारा स्नान अर्थात शीतल स्नान।

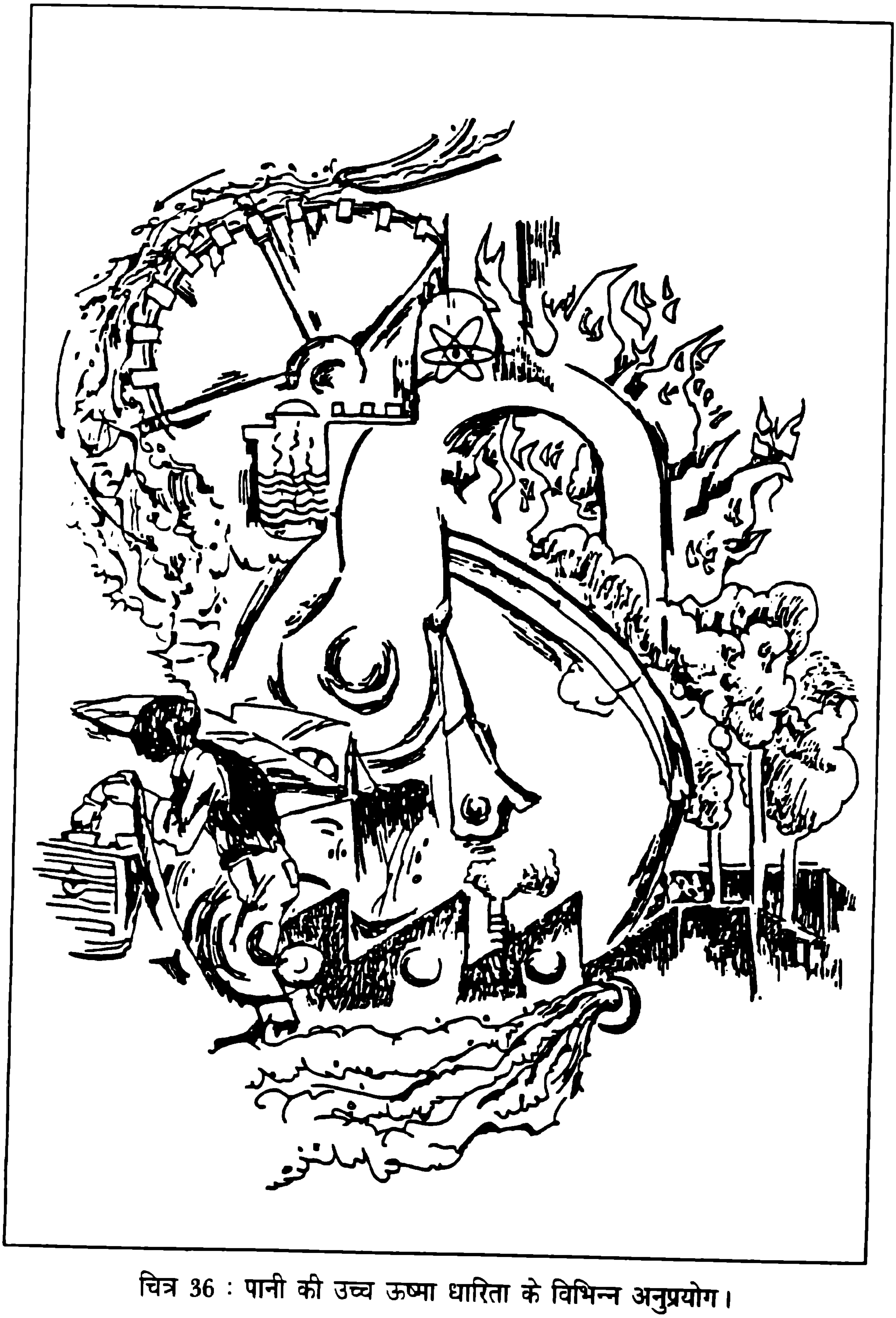
वृद्धि के साथ पहले तो श्यानता घटती है, लेकिन एक सीमा के बाद यह बढ़ने लगती है। संभवतः यह भी एक कारण है जिससे सागर में जीव-जंतु और वनस्पतियां रह सकती हैं। समुद्र में कई सौ मीटर तक की गहराई तक अनेक तरह के जीव पाये

जाते हैं। मछलियां आराम से घूमती-फिरती हैं। सतह के नीचे जाने पर हर बीस मीटर के बाद दाब दुगुना होता जाता है। यदि श्यानता का मान भी बढ़ता तो अंदर का पानी इतना गाढ़ा होता कि कोई जीव हिल-डुल भी न पाता। लेकिन यह प्रकृति का वरदान ही है कि पानी की श्यानता दाब के साथ घटती है। इसी कारण समुद्र में सर्वप्रथम जीवन का प्रादुर्भाव हुआ और फिर कालांतर में वह स्थल पर आया।

ऊष्मा धारिता

किसी 1 ग्राम पदार्थ का तापमान 1 डिग्री सेल्सियस बढ़ाने के लिए आवश्यक ऊष्मा को उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं। पानी की विशिष्ट ऊष्मा 1 कैलोरी/ग्राम सेल्सियस है और इसका यह मान शून्य से लेकर सौ डिग्री सेल्सियस तक लगभग स्थिर रहता है। पानी की विशिष्ट ऊष्मा का मान अन्य पदार्थों की तुलना में कहीं ज्यादा होता है। जैसे पानी की विशिष्ट ऊष्मा का मान लोहे की विशिष्ट ऊष्मा (0. 107 कैलोरी/ग्राम सेल्सियस) के मान से लगभग दस गुना ज्यादा होता है। इसका अर्थ यह हुआ कि पानी के इकाई द्रव्यमान को गरम करने के लिए लोहे की इकाई द्रव्यमान को गरम करने की तुलना में लगभग दस गुना अधिक ऊष्मा की आवश्यकता होगी। समुद्रतटीय एवं खाड़ी के आसपास के क्षेत्रों में दिन के तापक्रम की विभिन्नता तुलनात्मक रूप से कम होती है। गरमी के दिनों में लोग उमस से छुटकारा पाने के लिए समुद्र तट पर जमा होते हैं। पानी की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होने के कारण कल-कारखानों, तापविद्युत केंद्रों, नाभिकीय रिएक्टरों एवं स्वचालित वाहनों के इंजनों में शीतलक के रूप में इसका प्रयोग करते हैं। आग बुझाने के लिए पानी का उपयोग होता है। चूंकि पानी की विशिष्ट ऊष्मा अधिक होती है, अतः यह जलती हुई वस्तु की काफी ऊष्मा अवशोषित कर लेता है जिससे वस्तु का तापमान गिर जाता है। इसके अतिरिक्त पानी कंबल का भी काम करता है क्योंकि यह जलती हुई वस्तु और वातावरण के मध्य एक अवरोधक का काम करता है। इससे वस्तु को जलने के लिए जरूरी आक्सीजन नहीं मिल पाती और आग पर नियंत्रण पाना आसान हो जाता है। चूंकि पानी ऊष्मा का कुचालक है, अतः यह आग को बढ़ने नहीं देता। लेकिन पानी ऐसी जगहों पर कारगर नहीं हो पाता जहां आग किसी ज्वलनशील पदार्थ जैसे पेट्रोलियम वग़ैरह से लगी है। चूंकि पेट्रोलियम पदार्थ पानी से हलके होते हैं, अतः वह पानी डालने पर ऊपर आ जाते हैं। ऐसे में वह वातावरणी आक्सीजन के संपर्क में बना रहता है और आग पर काबू पाना कठिन होता है। ऐसे मामलों में कार्बन डाईआक्साइड या फिर झाग का इस्तेमाल करते हैं। चूंकि कार्बन डाईआक्साइड जलने में सहायक नहीं होती इसलिए आग पर नियंत्रण पाने में मदद मिलती है।

किसी भी तरह के जलने में, चाहे वह आग से हो या फिर किसी रसायन (अम्ल या क्षार) से, पहले उपचार के तौर पर पानी का प्रयोग होता है। पानी जले



चित्र 36 : पानी की उच्च ऊष्मा धारिता के विभिन्न अनुप्रयोग।

हुए स्थान से अधिक-से-अधिक ऊष्मा अवशोषित कर लेता है और घाव की तीव्रता को कम कर देता है। यह हमारे शरीर में मौजूद पानी का ही कमाल है कि हमारी त्वचा 1500 डिग्री सेल्सियस ताप को तीन सेकेंड तक बर्दाश्त कर सकती है।

भूमंडलीय तापमान भी पानी के ऊपर अत्यधिक निर्भर है। अटलांटिक महासागर स्थित गल्फस्ट्रीम नामक गर्म धारा अपने बहाव के साथ सूर्य के विकिरण को अयनमंडल से ढोकर ध्रुवों की ओर ले जाती है। इससे उष्ण-कटिबंधीय क्षेत्र बहुत ज्यादा गर्म होने से बच जाते हैं। उसी तरह ठंडी धाराएं—जैसे कनाडा की लैब्रेडोर ध्रुवों से भूमध्यरेखीय प्रदेशों की ओर बहती हैं। इन धाराओं से भूमंडल का ताप-संतुलन बना रहता है।

समुद्री पानी के कुछ गुण उसमें घुले पदार्थों की सांद्रता के साथ बदलते हैं। जैसा कि हम जानते हैं, समुद्र के पानी में भार के अनुसार 3.5 प्रतिशत खनिज और लवण घुले होते हैं। यदि इन घुले विलेय पदार्थों की मात्रा बढ़ती है तो पानी के गुण भी बदलते हैं। जैसे यदि पानी के लवण की मात्रा शून्य से बढ़कर 40 प्रतिशत हो जाये तो पानी की श्यानता 5 प्रतिशत बढ़ जायेगी। पानी में किसी भी तरह की अशुद्धि मिलाने पर उसका हिमांक घटता है। समुद्र का पानी किसी नियत तापमान पर पूरा-का-पूरा नहीं जमता जैसा कि साधारण पानी के साथ होता है। जब समुद्री पानी जमना शुरू होता है, पानी में घुले लवण बर्फ के क्रिस्टल से अलग होते हैं जिससे बचे हुए पानी में लवण का सांद्रण क्रमशः बढ़ता जाता है। इससे पानी का हिमांक धीरे-धीरे घटता जाता है। इस प्रकार अंत में बचा हुआ पानी बहुत कम ताप पर जमेगा। तैरने वालों के लिए यह आम अनुभव की बात है कि समुद्र में तैरना सादे जल में तैरने की अपेक्षा आसान होता है। ऐसा इसलिए क्योंकि समुद्र के पानी का घनत्व सादे पानी की अपेक्षा अधिक होता है। अतः समुद्र में डूबी हुई किसी वस्तु पर लगने वाले उत्प्लावन बल का मान अधिक होता है।

द्रव जल के भाप में बदलने को वाष्पीकरण कहते हैं। वाष्पीकरण के लिए काफी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। एक ग्राम पानी को 100 डिग्री सेल्सियस ताप पर भाप में बदलने के लिए 540 कैलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। पानी में मौजूद हाइड्रोजन बंधों को तोड़ने के लिए काफी ऊष्मा की आवश्यकता होती है। वाष्पीकरण की उल्टी प्रक्रिया को संघनन कहते हैं। एक ग्राम भाप के द्रव में बदलने पर 540 कैलोरी ऊष्मा वापस मिलती है। यही कारण है कि खौलते पानी की बजाय भाप से जल जाने पर काफी तकलीफ होती है क्योंकि भाप में खौलते पानी की तुलना में कहीं ज्यादा ऊष्मा पायी जाती है। जब भाप त्वचा के संपर्क में आती है तो वह संघनित होकर द्रव में बदल जाती है। संघनन के दौरान भाप की गुप्त ऊष्मा मुक्त होती है जो 540 कैलोरी/ग्राम होती है। अतः भाप से जलना कहीं अधिक पीड़ादायक होता है। वाष्पीकरण और संघनन प्रक्रियाओं की भूमंडलीय ताप संतुलन में अहम् भूमिका होती है। वास्तव में यदि पानी की विशिष्ट ऊष्मा कम होती तो ध्रुवीय प्रदेशों और अयनमंडल के तापमानों में कहीं ज्यादा अंतर होता।

6

बर्फ और उसके रहस्य

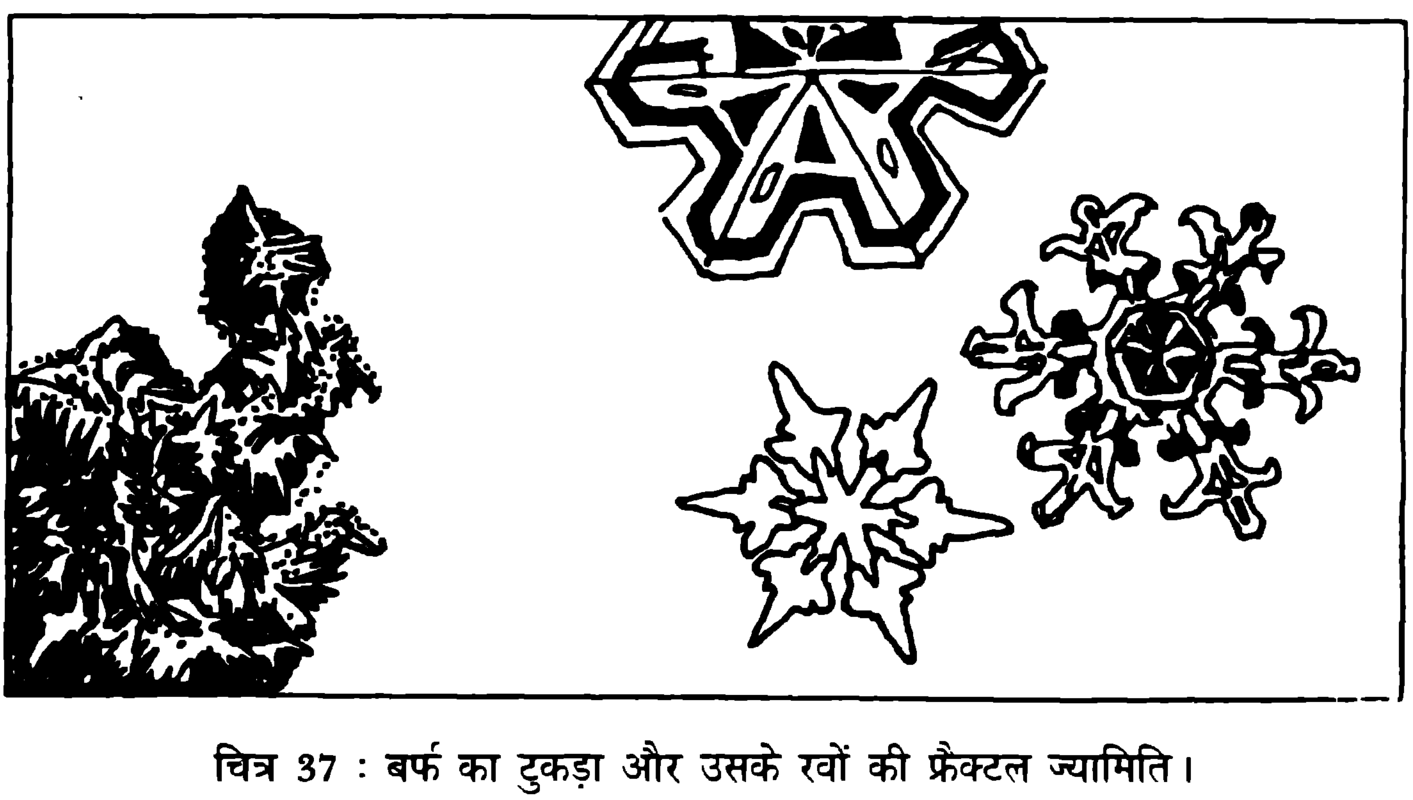
बर्फ एक ठोस पदार्थ है जो जलवाष्प या द्रवजल के जमने से बनती है। जमीन पर जब तापमान शून्य डिग्री सेल्सियस से नीचे गिर जाता है तो जलवाष्प तुषार में बदल जाता है। बादलों का तापमान जब शून्य से नीचे गिर जाता है तो सीधे वाष्प के जम जाने से हिम बनता है। तुषार और हिम में एक समानता यह है कि वे दोनों बर्फ के एकल क्रिस्टल होते हैं। इनके क्रिस्टलों में पानी के अणु हाइड्रोजन बंध द्वारा बंधे होते हैं। प्रत्येक अणु अपने आसपास के चार अन्य अणुओं के साथ हाइड्रोजन बंध द्वारा बंधा होता है। इनकी ज्यामितीय रचना एक नियमित समचतुष्कोण जैसी होती है और आसपास के अणु इस समचतुष्कोण के चारों कोनों पर स्थित होते हैं। इसके विपरीत बर्फ में इस तरह के तमाम क्रिस्टल होते हैं जो षट्कोणीय आकृति बनाते हैं। बर्फ की रचना सममिति होती है और इसमें रिक्त स्थान होता है। द्रवजल से बनी बर्फ में क्रिस्टल सतह नहीं होती जैसा कि वाष्प से बनी बर्फ में मिलती है। बर्फ का घनत्व द्रवजल से कम होता है और यह उसकी तुलना में 9 प्रतिशत ज्यादा आयतन घेरती है। पानी के ऊपर तैर रही बर्फ का दसवां हिस्सा पानी के ऊपर रहता है। दाब में वृद्धि के साथ बर्फ का द्रवणांक घटता है। ध्रुवीय प्रदेशों में बर्फ की मीलों मोटी परत जमी होती है। वहां नीचे सतह पर स्थित बर्फ पर अत्यधिक दबाव होता है। इस दबाव से बर्फ का द्रवणांक काफी घट जाता है जिससे नीचे की बर्फ पिघली हुई अवस्था में होती है और शून्य से भी कम तापमान पर बहती है।

रोजमर्रा के जीवन का यह अनुभव है कि बर्फ एक भंगुर पदार्थ है जो किसी कठोर चीज से चोट करने पर कांच के समान टूटकर बिखर जाती है। लेकिन लंबी अवधि तक अल्पदाब अथवा उच्चदाब पर चोट करने पर यह टूटती नहीं, बल्कि प्लास्टिक की तरह बहती है। बर्फ के षट्कोणीय क्रिस्टल एक-दूसरे पर इस तरह फिसलते हैं जैसे दो कागज के टुकड़े एक-दूसरे पर सरक रहे हों। उच्चदाब पर बर्फ गाढ़े द्रव की तरह व्यवहार करती है। दबाव बढ़ाने पर बर्फ की श्यानता गुणांक का मान घटता है और श्यानता कम होती जाती है। बर्फ की सतह फिसलनदार होती

है क्योंकि घर्षण कम होता है, इसलिए बर्फ पर स्केटिंग और स्कीइंग जैसे कई तरह के खेल खेले जाने संभव होते हैं। बर्फीली सड़कों पर वाहन आसानी से फिसल जाते हैं और दुर्घटनाओं की आशंका रहती है क्योंकि पहियों और बर्फ के बीच घर्षण कम होता है। दाब के कारण वाहन के पहियों के नीचे की बर्फ पिघल जाती है जिससे वह स्नेहक का काम करता है और पहिया फिसल जाता है। इसलिए ऐसी जगहों में जहां बर्फ पड़ती है, वहां नमक का छिड़काव करते हैं। इससे पानी का हिमांक कम हो जाता है। फलतः बर्फ पिघल जाती है क्योंकि पानी शून्य से कम ताप पर जमता है।

बर्फ एक खनिज भी है

खनिज शब्द का प्रयोग प्रायः रवेदार ठोस पदार्थ के लिए करते हैं। इसलिए यदि बर्फ को खनिज कहा जाये तो कुछ लोगों को अटपटा भी लग सकता है। फिर भी बर्फ एक खनिज है। इसका रासायनिक सूत्र $(H_2O)_n$ है तथा इसकी एक निश्चित क्रिस्टलीय संरचना होती है। जब हिमपात के समय हिमकण धरती पर गिरते हैं तो अपने भीतर कई अशुद्धियां भी समाहित कर लेते हैं। इस तरह वे चट्टान की तरह दिखायी देते हैं मानो वे कई खनिजों से बने हों। बर्फ की आकर्षक फ्रैक्टल ज्यामिति होती है। प्रकृति में कम-से-कम दस प्रकार के बर्फ के क्रिस्टल पाये जाते हैं। जैसा कि हम जानते हैं, चट्टानों में दरारें पायी जाती हैं। बरसात के दौरान इन दरारों में पानी चला जाता है। जब तापमान शून्य से भी नीचे गिर जाता है तो दरारों में घुसा पानी जम जाता है। चूंकि जमने से पानी का आयतन बढ़ता है, इसलिए चट्टानों की दीवारों पर अत्यधिक दबाव पड़ता है। इस दबाव के कारण चट्टानें चटककर टूट जाती हैं। इस तरह अपरदन और मौसमीकरण (वेदरिंग) में बर्फ की अहम् भूमिका होती



चित्र 37 : बर्फ का टुकड़ा और उसके रवों की फ्रैक्टल ज्यामिति।

है। चट्टानों के टूटने से मृदा बनने की प्रक्रिया शुरू होती है। बाद में बर्फ के पिघलने और फिर दरारों से होकर बहने से टूटे हुए टुकड़े बह जाते हैं। समय के साथ पानी के बहाव की दिशा में चट्टानें कट जाती हैं और सुडौल आकृतियां उकेर दी जाती हैं।

सारणी 4
विभिन्न तापमानों पर पानी और बर्फ का घनत्व

तापमान (डिग्री से.)	*घनत्व (ग्राम/सेमी³)*
100	0.9584
50	0.9881
25	0.9971
10	0.9997
4	1.000
0.0 (द्रव)	0.9998
0.0 (बर्फ)	0.9168

वातावरण में सामान्य तापमान और परिस्थितियों में हिमकण षट्कोणीय आकार ग्रहण करते हैं। लेकिन बहुत कम ताप पर जलवाष्प घनाकार शक्ल में भी संघनित हो सकता है। उच्चदाब पर बनी बर्फ के विभिन्न रूप संरचना में सिलिका क्रिस्टल जैसे ही होते हैं। उच्चदाब पॉलीमॉर्फ VI और VII और 80° से. तापमान पर भी बरकरार रहते हैं और प्राकृतिक रूप से इन रूपों का घनत्व भी काफी अधिक होता है। बर्फ का सबसे महत्वपूर्ण रूप Ice VII होता है जो 21700 वायुमंडलीय दाब पर मिलता है। इस बर्फ को रेड हॉट आइस (रक्ततप्त बर्फ) भी कहते हैं। बत्तीस हजार वायुमंडलीय दाब पर यह बर्फ 192° से. ताप पर पिघलती है। यदि जलवाष्प को 160° से. या उससे भी कम ताप पर ठंडा किया जाये तो बर्फ की मिलने वाली किस्म शीशे जैसी चमकदार और आसानी से टूट जाने वाली होती है।

साधारण षट्कोणीय बर्फ में एक नियमित चतुष्कोणीय व्यवस्था में प्रत्येक आक्सीजन परमाणु अपने चारों ओर अन्य चार आक्सीजन परमाणुओं से घिरा होता है। न्यूट्रान विवर्तन अध्ययन से पता चला है कि O-O-O का बंधन कोण 105 अंश होता है जबकि नियमित चतुष्कोण में यह 109.5 अंश होता है। अभी हाल ही तक ऐसा माना जाता था कि शुद्ध बर्फ की विद्युत चालकता हालांकि बहुत कम होती है, लेकिन फिर भी यह मापी जा सकती है। इसका मान $-10°$ से. पर 1×10^{-10} ओम $^{-1}$ सेमी $^{-1}$ होता है। हमें ज्ञात है कि बर्फ की चालकता उसकी सतह में उपस्थित

अशुद्धियों के कारण होती है। यदि इन अशुद्धियों को दूर कर दिया जाये तो बर्फ वास्तव में ऊष्मा और विद्युत की कुचालक है।

हिम पानी का दूसरा ठोस रूप है। हिम तब बनता है जब वातावरण के निचले हिस्से यानी धरती से 300 मीटर ऊंचाई पर तापमान गिरकर हिमांक के पास पहुंच जाता है। हिम के रवे आपस में जुड़कर टुकड़ों के रूप में धरती पर गिरते हैं। इसे हिमपात होना कहते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि ये टुकड़े वजन में भारी होते हैं और हवा में टिक नहीं पाते और गुरुत्वाकर्षण के कारण नीचे गिरते हैं। हिमपात के दौरान गिरने वाले ये टुकड़े धरती पर पहुंचने तक पूरी तरह पिघल नहीं पाते।

कुछ शोधकर्ताओं का ऐसा दावा है कि पिघली हुई बर्फ का पानी सामान्य पानी की तुलना में अधिक लाभदायक होता है। उनके अनुसार सद्यः पिघली हुई बर्फ के पानी में कुछ आश्चर्यजनक गुण होते हैं और कुछ जैविक कार्यों में इसकी महत्वपूर्ण भूमिका होती है। कुछ वैज्ञानिकों का मानना है कि पिघले हुए बर्फ का जल यद्यपि द्रव होता है, लेकिन उसकी आणविक संरचना में ठोस जैसा क्रम पाया जाता है। उनके अनुसार जीवधारियों में मौजूद पानी की संरचना कई मायनों में बर्फ की संरचना के समान होती है। इस क्रम में वैज्ञानिकों ने पक्षियों पर कुछ प्रयोग किये हैं। उन्होंने पाया कि वे पक्षी जिन्हें बर्फ का पिघला पानी दिया जा रहा था वे साधारण पानी दिये जा रहे पक्षियों की तुलना में अधिक स्वस्थ और वजनदार थे। इससे वे इस निष्कर्ष पर पहुंचे कि बर्फ वाला पानी कहीं ज्यादा स्वास्थ्यकर और पोषक है।

बर्फ के खेल, फिसलने का रहस्य

स्केटिंग और स्कीइंग बर्फ पर खेले जाने वाले लोकप्रिय खेल हैं। चूंकि बर्फ की सतह चिकनी और फिसलनदार होती है, अतः इस पर किसी भी दिशा में गति करना संभव है। वैज्ञानिक काफी समय से इस प्रश्न पर विचार करते रहे हैं कि बर्फ की सतह अर्ध-तरल जैसा व्यवहार क्यों करती है।

अमेरिका के कैलिफोर्निया विश्वविद्यालय के वैज्ञानिकों को इस चिकनाहट के रहस्य का पता लगाने में सफलता मिली है। बर्फ की सतह का व्यवहार ठोस और द्रव के बीच जैसा होता है। पहले यह मान्यता थी कि स्केट के दबाव से उसके नीचे की बर्फ पिघल जाती है। इससे बर्फ के ऊपर पानी की चादर बन जाती है जो स्केट को आगे फिसलने में मदद करती है। स्केट के आगे बढ़ जाने के बाद पानी पुनः जमकर बर्फ बन जाता है। लेकिन स्कीइंग के मामले में यह व्याख्या पर्याप्त कारगर नहीं है। स्कीइंग में प्रयुक्त होने वाला ब्लेड लंबा और चौड़ा भी होता है। इस अवस्था में ब्लेड पर पड़ने वाला दबाव काफी बड़े क्षेत्र में बंटा होता है। फलतः इकाई क्षेत्रफल पर पड़ने वाला दबाव बर्फ को पिघलाने के लिए अपर्याप्त होगा।



चित्र 38 : बर्फ की सतह के द्रव सरीखे व्यवहार के कारण स्केटिंग संभव हो पाती है।

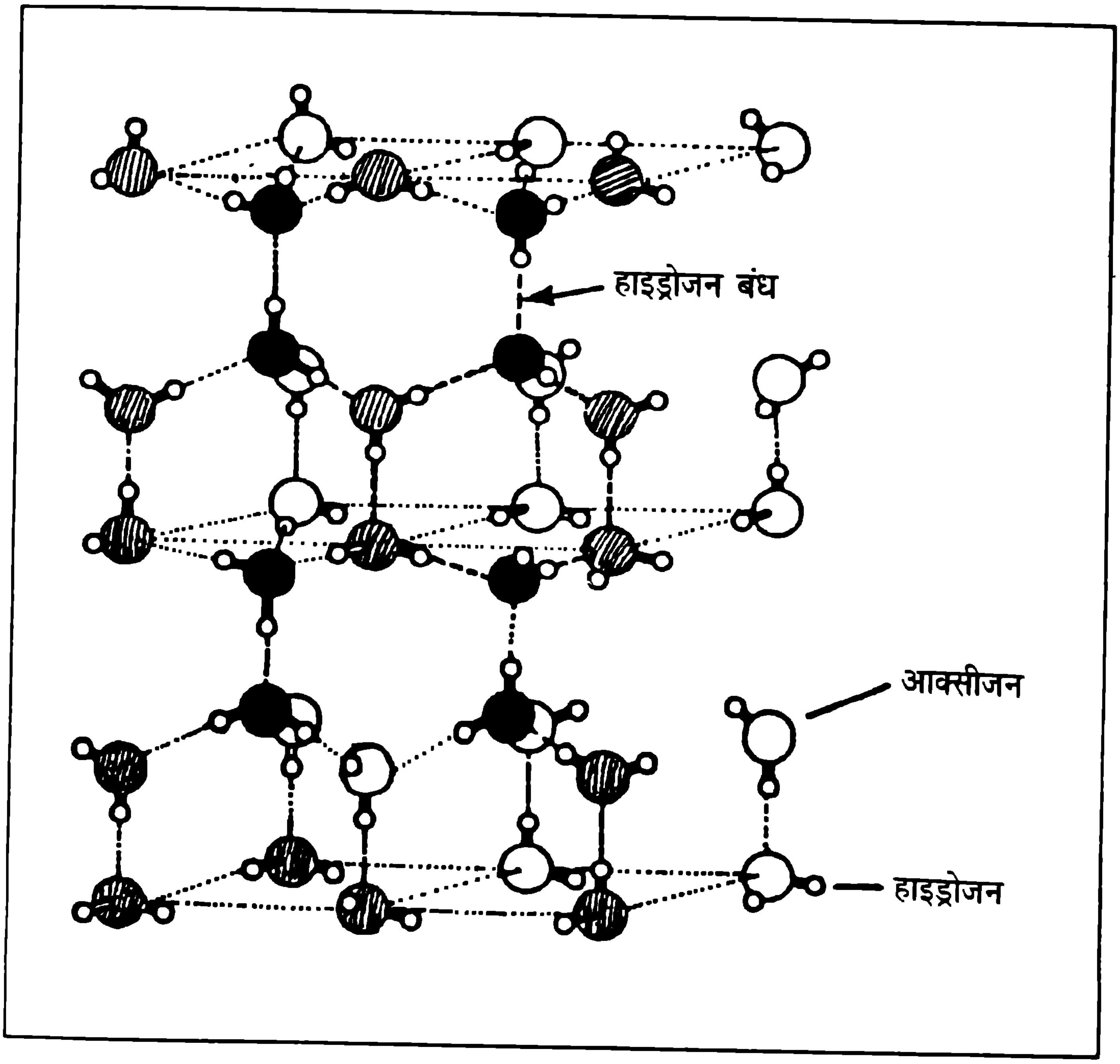


चित्र 39 : बर्फ पर स्कीइंग।

फिर क्या कारण है कि ब्लेड फिसलता है? प्रयोगों से लोग इस नतीजे पर पहुंचे हैं कि स्कीइंग के लिए यह जरूरी है कि बर्फ की सतह में द्रव-सदृश गुण हों। लो एनर्जी इलेक्ट्रान डिफ्रैक्शन स्टडीज (अल्प ऊर्जा इलेक्ट्रान विवर्तन अध्ययन) की सहायता से वैज्ञानिक बर्फ को बिना पिघलाये ही उसकी सतह पर इलेक्ट्रान पुंज द्वारा बमबारी करके उसकी प्रकृति के बारे में जानकारी प्राप्त कर सकते हैं। यह तकनीक एक्स-रे विवर्तन से मिलती-जुलती है जिसका प्रयोग क्रिस्टल जाल की संरचना मालूम करने में किया जाता है। अध्ययन से ज्ञात हुआ है कि बर्फ की सतह पर मौजूद अणुओं में अन्य ठोस पदार्थों की अपेक्षा काफी अधिक कंपन होता है। यह पता चला है कि अंदर के अणुओं की तुलना में सतह पर स्थित अणु अधिक स्वतंत्र होते हैं। इसी कारण बर्फ द्रव जैसा व्यवहार करती है। लेकिन ध्यान देने की बात यह है कि इसके बावजूद यह तरल नहीं है। अत्यधिक कम ताप पर बर्फ की सतह काफी चिपचिपी हो जाती है। परंतु -60° से. ताप तक बर्फ द्रव-सदृश व्यवहार करती है।

त्रिक बिंदु

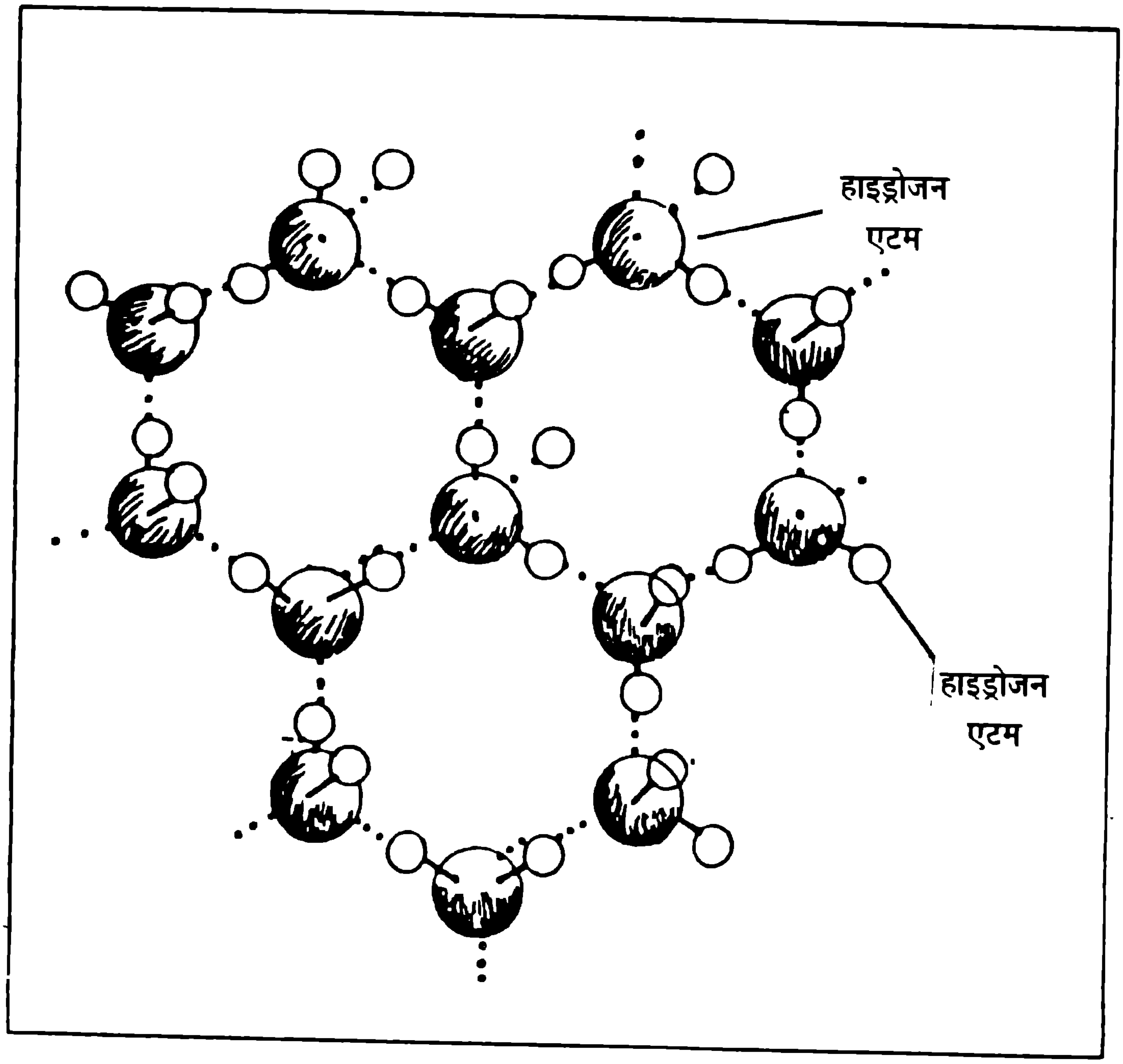
तापगतिकी के अनुसार ब्रह्मांड का वह भाग जिसके बारे में हम अध्ययन कर रहे



चित्र 40(अ) : बर्फ की त्रिआयामी संरचना।

हैं, उसे तंत्र यानी सिस्टम कहते हैं। तंत्र के बाहर का सारा भाग परिवेश कहलाता है। तंत्र में एक या एक से अधिक प्रावस्थाएं हो सकती हैं। उसी तरह कोई तंत्र एक या उससे अधिक घटकों से मिलकर बना हो सकता है। प्रावस्था सिद्धांत के अनुसार घटक संरचनात्मक प्रजाति की वह न्यूनतम संख्या है जो किसी तंत्र को परिभाषित करने के लिए आवश्यक होती है जैसे पानी तंत्र का एक घटक है। यह तीन भौतिक अवस्थाओं में रह सकता है। ये अवस्थाएं हैं—ठोस, द्रव एवं गैस। प्रावस्था किसी द्रव्य की वह अवस्था है जिसमें हर स्थान पर रासायनिक के साथ-साथ भौतिक समानता भी होती है। इसका अर्थ यह हुआ कि कोई गैस या गैसों का मिश्रण एकल प्रावस्था है। क्रिस्टल भी एकल प्रावस्था है और आपस में पूर्णरूपेण से विलेय दो द्रवों का मिश्रण भी एकल प्रावस्था है। उसी तरह बर्फ भी एकल प्रावस्था है हालांकि यह तमाम टुकड़ों में टूटी हुई हो सकती है। बर्फ और बर्फीले पानी का मिश्रण दो प्रावस्थाएं हैं। हालांकि इन दोनों के बीच सीमा निर्धारण नहीं किया जा सकता।

शून्य से 100° से. तक पानी द्रव अवस्था में पाया जाता है। शून्य से नीचे



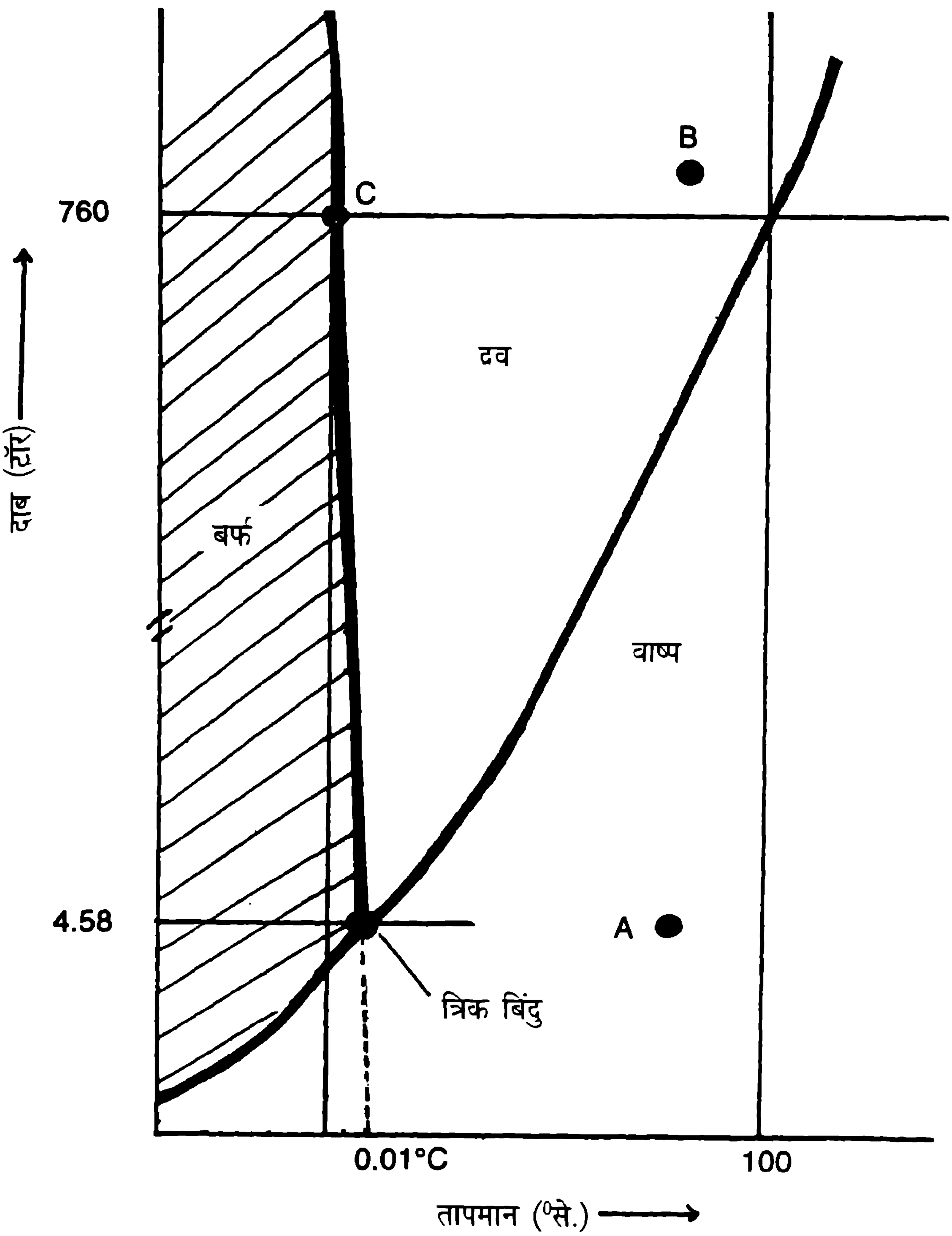
चित्र 40 (ब) : बर्फ की द्विआयामी संरचना।

यह ठोस अवस्था में होता है और 100° से. के ऊपर वाष्प अवस्था में पाया जाता है। लेकिन इस बीच कुछ ऐसे बिंदु होते हैं जहां दो प्रावस्थाएं एक साथ अस्तित्व में रहती हैं। जैसे हिमांक पर ठोस और द्रव दोनों पाये जाते हैं। उसी तरह क्वथनांक पर द्रव और वाष्प मिलते हैं। तापमान और वाष्पदाब में एक संबंध होता है। इनके मध्य संबंधों को दर्शाने वाले वक्र ग्राफ में दिखाये गये हैं। द्रव की तरह ही किसी ठोस का वाष्पदाब भी तापमान में वृद्धि के साथ बढ़ता है। वाष्पदाव में यह वृद्धि तब तक जारी रहती है जब तक कि ठोस पिघल नहीं जाता। ग्राफ में दो साम्य रेखाएं खींची गयी हैं। नीचे की रेखा ठोस का वाष्पदाब दर्शाती है तथा ऊपर की रेखा द्रव का वाष्पदाब प्रदर्शित करती है। ये दोनों वक्र रेखाएं एक बिंदु पर परस्पर एक-दूसरे को काटती हैं। इसे त्रिक बिंदु कहते हैं। त्रिक बिंदु पर सभी तीनों प्रावस्थाएं एक साथ मौजूद होती हैं और वे आपस में साम्यावस्था में होती हैं। जब ये तीनों प्रावस्थाएं साम्य अवस्था में होती हैं तो स्वतंत्रता अथवा असंगति की कोटि का मान शून्य होता है। यह मान एक विशिष्ट ताप और दाब पर ही प्राप्त किया जा सकता

है। त्रिक बिंदु किसी तंत्र का अपना विशिष्ट गुण होता है। हीलियम को छोड़कर सभी शुद्ध पदार्थों के त्रिक बिंदु होते हैं। पानी का त्रिक बिंदु 0.01° से. ताप और 4.58 मिलीमीटर दाब पर प्राप्त होता है।

वक्र पर स्थित कोई भी बिंदु तापमान और दाब को प्रदर्शित करता है जिस पर दोनों प्रावस्थाएं एक साथ रहती हैं। एक वायुमंडलीय दाब (760 टॉर) पर पानी का द्रवणांक शून्य डिग्री से. होता है। इसलिए ठोस-द्रव अवस्थाओं की साम्य रेखा त्रिक बिंदु और सामान्य द्रवणांक से होकर गुजरती है। इसे प्रावस्था आरेख कहते हैं और इसके द्वारा हम तापमान और दाब के वे मान ज्ञात कर सकते हैं जिन पर विभिन्न प्रावस्थाएं परस्पर साम्यावस्था में होती हैं। सामान्य वायुमंडलीय दाब पर शून्य से नीचे सभी तापमानों पर पानी ठोस अवस्था में ही मिलता है। वास्तव में ठोस-द्रव और ठोस-गैस साम्य की सभी रेखाएं उन तापमानों और दाबों के समतुल्य होती हैं जिन पर पानी ठोस अवस्था में पाया जाता है।

यदि आप अत्यधिक दबाव पर किसी जीवन की कल्पना करना चाहते हैं तो निःसंदेह आप प्रशांत महासागर स्थित मैरियाना ट्रेंच के बारे में सोच सकते हैं। यह पृथ्वी के धरातल पर सबसे गहरी जगह है जो समुद्र की सतह से 11 किलोमीटर से भी ज्यादा गहरी है। यहां घनघोर अंधकार रहता है। साथ ही यहां अनंत नीरवता व्याप्त रहती है। इतनी गहराई में दाब का मान 1000 टन प्रति वर्गमीटर होता है जो मोटे तौर पर एक हजार वायुमंडलीय दाब के बराबर है। यह दाब मोटे-से-मोटे इस्पात को भी मरोड़ सकता है। इतने प्रचंड दबाव पर किसी प्राणी के जीवित रहने की कल्पना नहीं की जा सकती। समुद्र में सतह से कुछ सौ मीटर की गहराई तक ही जीव-जंतु और वनस्पतियां मिलती हैं। कुछ अनुसंधानकर्ताओं का कहना है कि इतने प्रचंड दबाव में पानी भी शायद अपने को कठिनाई में पाता है। यही नहीं, इन वैज्ञानिकों का दावा है कि उन्होंने दो नये तरह के पानी की खोज की है। यदि पानी को इतने प्रचंड दाब पर ठंडा किया जाये तो वह अपने हिमांक के काफी नीचे भी द्रव अवस्था में रहेगा। शोधकर्ताओं का कहना है कि इन परिस्थितियों में पानी की दो किस्में होंगी। एक किस्म सामान्य जल से 20 प्रतिशत ज्यादा घनत्व की होगी जबकि दूसरी किस्म सामान्य जल से 10 प्रतिशत हलकी होगी। सामान्य स्थितियों में पानी शून्य डिग्री सेल्सियस पर जमता है। वास्तव में होता यह है कि पानी के कुछ अणु संयोग से आपस में जुड़कर बाकी पानी के जमने के लिए बीज का काम करते हैं। यह कुछ ऐसा ही है जैसे दही जमाने के लिए हम दूध में थोड़ा-सा जामन डाल देते हैं। शुद्ध जल जिसमें धूल या अन्य अशुद्धियां न हों, उसे बिना जमने दिये हिमांक से काफी नीचे तक ठंडा किया जा सकता है। वैज्ञानिकों ने पानी को -38° से. तक ठंडा करके सुपरकूल्ड (अतिशीतित) जल प्राप्त किया है। अतिशीतित अवस्था में पानी सनकी या उन्मत्त हो जाता है। अमेरिका स्थित एरिजोना विश्वविद्यालय के



चित्र 41 : पानी का प्रावस्था-आरेख।

भौतिकशास्त्री **आस्टिन एंजेल** और न्यूजीलैंड में विक्टोरिया विश्वविद्यालय के **रॉबिन स्पीडी** को इस बात के प्रमाण मिले हैं कि सुपरकूलिंग सीमा के नीचे पानी अतिसंवेदनशील हो जाता है और ऐसे में सैद्धांतिक तौर पर उसकी ऊष्मा धारिता अनंत होनी चाहिए। बोस्टन विश्वविद्यालय के **जीन स्टैनली** ने 1992 में इसकी व्याख्या की है। उनके अनुसार सुपरकूल्ड पानी उच्च्व घनत्व एवं निम्न घनत्व वाले दो रूपों

में रह सकता है। साथ ही उन्होंने यह भी प्रतिपादित किया कि -50° से. के क्रांतिक ताप पर ये दोनों तरह के पानी एक-दूसरे में परिवर्तित हो सकते हैं। लेकिन यह क्रांतिक ताप फिलहाल हमारी पहुंच से दूर है। इसलिए हम अपने दैनिक उपयोग के लिए इनमें से कौन-सा पानी चुनें, यह प्रश्न महज एक कल्पना है, क्योंकि जैसा कि खुद स्टैनली महोदय का कहना है, कि पानी बहुरूपिया अवश्य है, लेकिन उसके अनेक रूपों को हम हकीकत में शायद ही कभी देख पायें।

7

पानी और उसके आयनिक गुणधर्म

आयनीकरण

दूसरे ध्रुवीय अणुओं की तरह पानी के अणु भी धनात्मक हाइड्रोजन (H^+) और ऋणात्मक (OH^-) आयनों में टूट जाते हैं। परंतु पानी के अणुओं में आयनीकरण की प्रवृत्ति बहुत कम होती है। इसलिए आयनित स्थिति में भी हम यह नहीं कह सकते कि अमुक हाइड्रोजन या आक्सीजन आयन के रूप में हैं या फिर पानी के अणुओं के रूप में। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि पानी के अणु निरंतर आयनों में टूटते रहते हैं और ये आयन पुनः संयुक्त होकर पानी के अणु बनाते रहते हैं। इसलिए यह कहना जरा कठिन है कि किसी समय-विशेष पर कोई हाइड्रोजन या आक्सीजन आयनित रूप में है या फिर पानी के अणु के रूप में। ऐसा इसलिए है क्योंकि एक समय यदि वह आयनित है तो दूसरे ही क्षण वह पानी के अणु का हिस्सा है। लेकिन अच्छी बात यह है कि हम व्यवहार में किसी एक अणु पर विचार नहीं करते, बल्कि तमाम अणुओं के समूह को सांख्यिकीय तौर पर लेते हैं।

किसी पदार्थ के एक ग्राम अणु में 6.23×10^{23} अणु होते हैं। पानी के लिए एक ग्राम अणु का आशय 18 ग्राम पानी से है। अर्थात 18 ग्राम पानी में 6.23×10^{23} अणु होंगे। इसलिये एक ग्राम पानी में $6.23 \times 10^{23}/18 = 3.76 \times 10^{22}$ अणु होंगे। इस तरह पानी के आयनीकरण को सांख्यिकीय रूप में परिभाषित करते हैं। आयनीकरण के मामले में इतना जानना ही पर्याप्त होगा कि हाइड्रोजन के आयन या अणु रूप में पाये जाने की संभावना कितनी है। हाइड्रोजन की हाइड्रोजन आयन के रूप में पाये जाने की संभावना 1.8×10^{-9} होती है। इसका सीधा-सा अर्थ यह हुआ कि किसी हाइड्रोजन परमाणु के पानी के अणु का हिस्सा होने की संभावना लगभग एक होती है। यदि दूसरे शब्दों में कहें तो पानी के 1.8 अरब अणुओं में हाइड्रोजन का एक अणु आयनित अवस्था ($H+$ अथवा OH^-) में होगा। पानी के आयनन को इस समीकरण से प्रदर्शित किया जा सकता है–

$$K = \frac{(H^+)\ (OH^-)}{(H_2O)}$$

यहां K वियोजन स्थिरांक है तथा कोष्ठक में दी गयी राशियां मोलर सांद्रण की सूचक हैं। हम जानते हैं कि एक अणु अर्थात मोल पानी में 18 ग्राम पानी होता है। इस तरह एक लीटर पानी में 1000/18 = 55.56 मोल होंगे। अर्थात शुद्ध पानी का सांद्रण 55.56 मोल होगा। चूंकि हाइड्रोजन की हाइड्रोजन आयन के रूप में पाये जाने की संभावना 1.8×10^{-9} होती है, अतः पानी में हाइड्रोजन का मोलर सांद्रण ज्ञात करने के लिए पानी की मोलरता को उपरोक्त राशि से गुणित करते हैं। अर्थात हाइड्रोजन का मोलर सांद्रण $55.56 \times 1.8 \times 10^{-9} = 1.0 \times 10^{-7}$ होगा।

हम पानी का वियोजन स्थिरांक इस तरह मालूम कर सकते हैं :

$$K = \frac{(10^{-7})\ (10^{-7})}{(55.56)}$$

$$= 0.018 \times 10^{-16}$$

$$= 1.8 \times 10^{-14} \text{ मोलर}$$

इस तरह हम देखते हैं कि पानी का मोलर सांद्रण वियोजन की वजह से विशेष प्रभावित नहीं होता।

पीएच (pH) की अवधारणा

सर्वप्रथम डेनमार्क के जैवरसायनज्ञ **एस. सोरेनसन** ने 1909 में पीएच (pH) शब्द को गढ़ा था। उन्होंने pH को हाइड्रोजन आयन का घातांक कहा। pH शब्द की उत्पत्ति ग्रीको-लैटिन भाषा के पॉवाइर डि हाइड्रोजन (poivoir de hydrogene) से हुई है जिसका शाब्दिक अर्थ होता है हाइड्रोजन की सामर्थ्य। यहां P अक्षर जर्मन भाषा के शब्द Potenz और फ्रांसीसी भाषा के शब्द Puissance का भी प्रतीक है जिनके समान अर्थ होते हैं।

सोरेनसन के अनुसार pH हाइड्रोजन आयन सांद्रण का ऋणात्मक लघुगणक है।

$$pH = -\log H^+$$

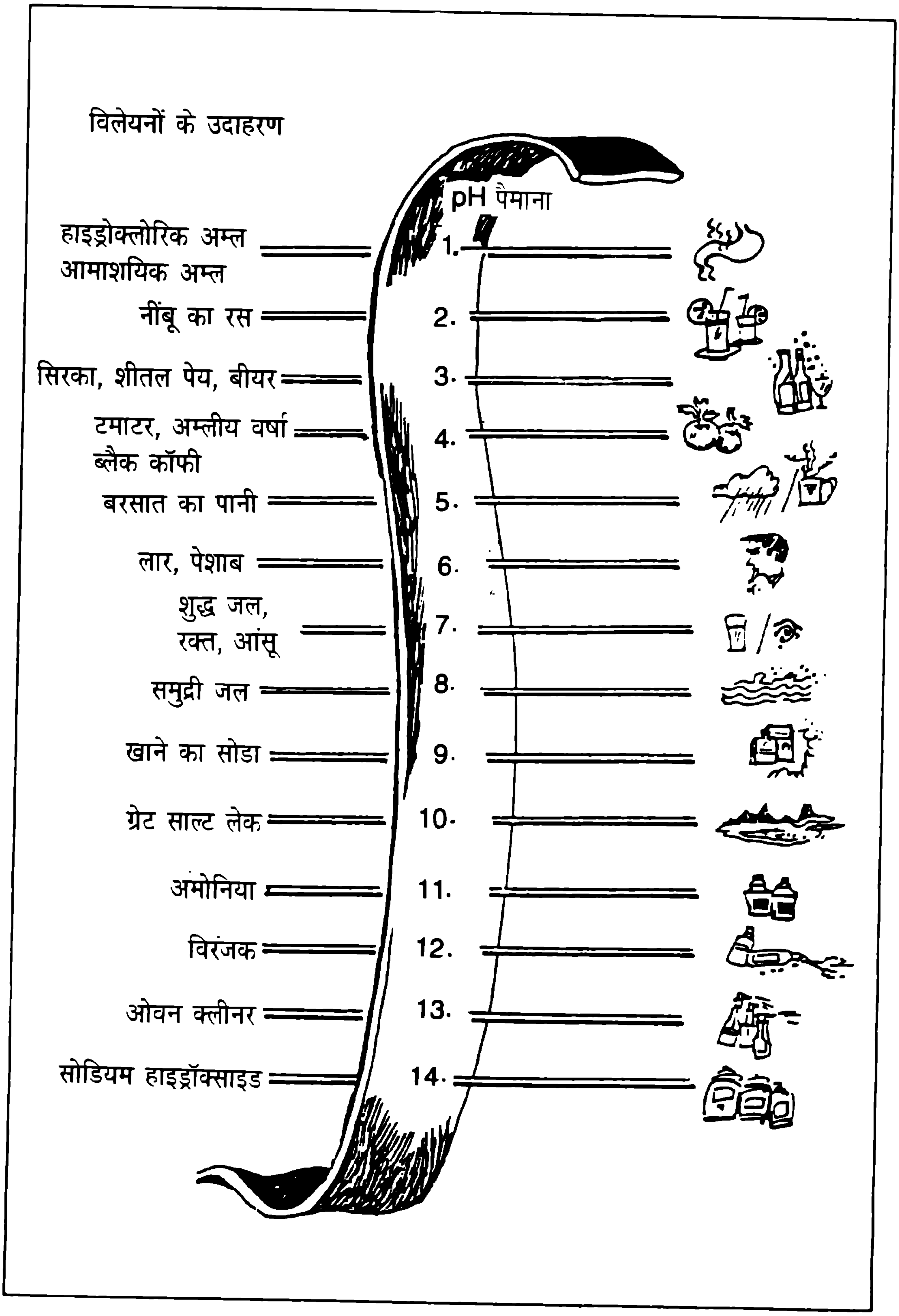
किसी विलियन का pH मान ज्ञात करने के लिए,

(i) उसका हाइड्रोजन आयन सांद्रण ज्ञात करें;

(ii) फिर 10 के आधार पर हाइड्रोजन आयन का लघुगणक ज्ञात करें;

प्राप्त संख्या का ऋणात्मक मान उस विलयन का pH होगा। उदाहरण के लिए 25° से. ताप पर पानी का हाइड्रोजन आयन सांद्रण 1.0×10^{-7} है। इसलिए इसका pH मान होगा :

$$-\log 10^{-7} = 7.0$$



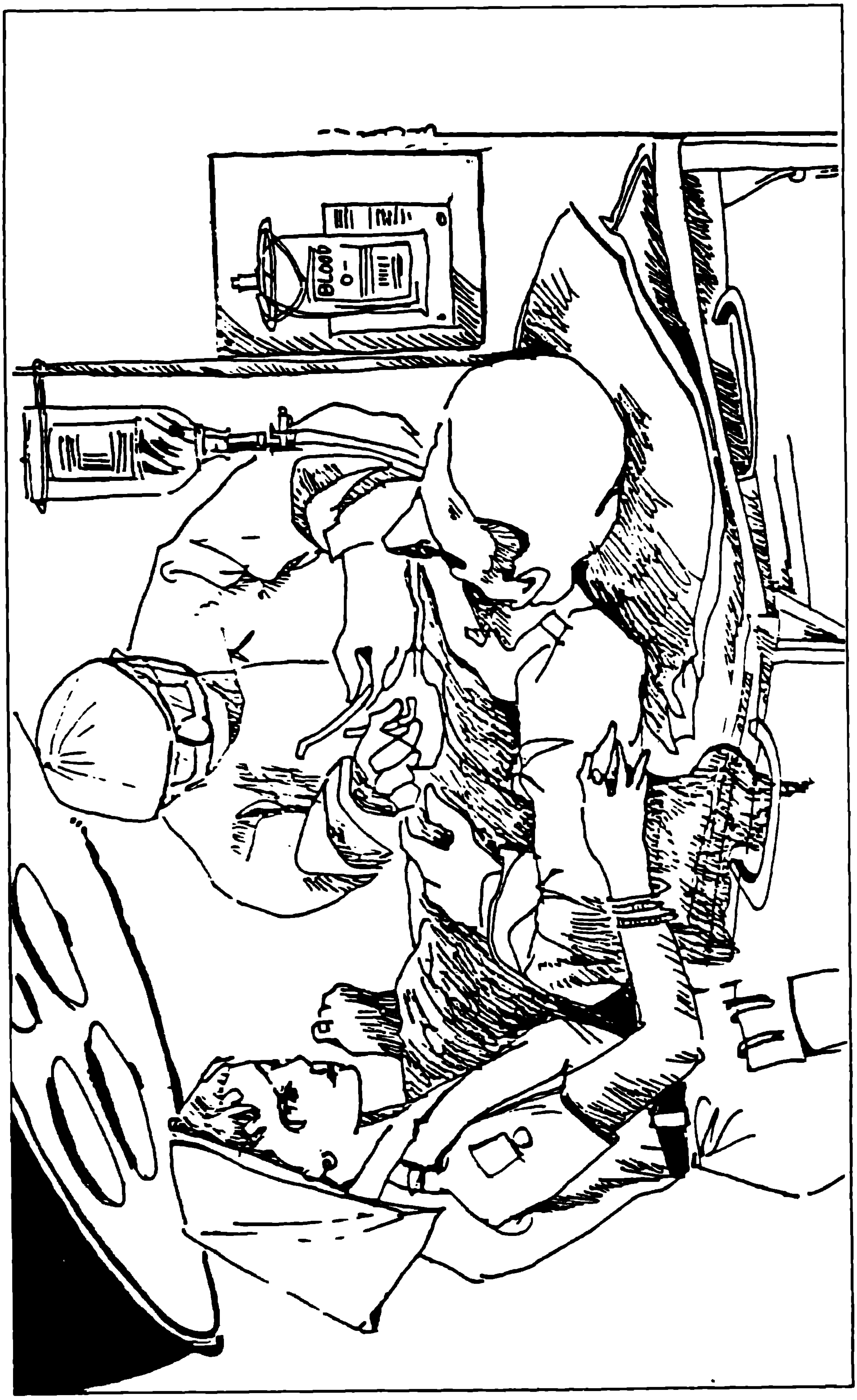
चित्र 42 : पीएच (pH) पैमाना।

अम्ल वे यौगिक होते हैं जो प्रोटान देते हैं तथा क्षार वे यौगिक हैं जो प्रोटान स्वीकार करते हैं। अम्ल अपनी सामर्थ्य के अनुसार प्रबल और दुर्बल दो प्रकार के होते हैं। प्रबल अम्ल (HCl, H_2SO_4) वे हैं जो अत्यधिक अम्लीय विलायक में घोलने पर भी पूरी तरह वियोजित हो जाते हैं, जबकि दुर्बल अम्ल कम वियोजित होते हैं। प्रबल अम्लों का pH मान कम होता है जबकि दुर्बल अम्लों का pH मान ज्यादा होता है। इसी तरह वियोजन क्षमता के आधार पर क्षारों का भी वर्गीकरण किया जाता है। सोडियम हाइड्राक्साइड (NaOH) तथा पोटैशियम हाइड्राक्साइड (KOH) जैसे प्रबल क्षार उच्च pH पर पूरी तरह वियोजित हो जाते हैं। अमीनो अम्लों सहित अधिकांश जैवरासायनिक मध्यवर्ती (बायोकेमिकल इंटरमीडिएट्स) दुर्बल अम्लीय प्रकृति के होते हैं। फास्फोरिलेटेस मध्यवर्ती जैसे, सुगर फास्फेट्स में प्रबल अम्लीय फास्फोरिक एसिड समूह मौजूद होता है।

बफर और उनका जैविक महत्त्व

बफर एक तरह का घोल होता है जिसमें कम मात्रा में अम्ल या क्षार मिलाने पर उसके पीएच मान में बहुत मामूली अंतर आता है। यदि एक लीटर पानी में 0.01 मोल क्षमता का हाइड्रोक्लोरिक अम्ल (नमक का तेजाब) मिलाया जाये तो पानी का पीएच (pH) 7 से घटकर 2 पर पहुंच जाता है। अर्थात पीएच में 5 अंक का शुद्ध परिवर्तन होता है। लेकिन यदि अम्ल की यही मात्रा एक लीटर बफर विलयन में मिलायी जाये तो पीएच मान में कठिनाई से 0.1 इकाई का अंतर आता है। जैविक घोल अधिकांशतः बफर ही होते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि घोल के पीएच मान में अधिक अंतर आने से जैविक प्रक्रियाओं पर महत्वपूर्ण प्रभाव पड़ सकता है। जलीय जीव प्रायः ऐसे माध्यम में ही जीवित रह सकते हैं जिनके पीएच मान में परिवर्तन बहुत कम होता हो। ऐसे में यदि जल में अम्ल या क्षार की काफ़ी मात्रा डाल दी जाये तो उनके जीवन को खतरा हो सकता है। तेजाबी बरसात जीवधारियों के लिए अत्यधिक हानिकारक होती है क्योंकि तेजाब के मिल जाने से पानी का पीएच काफी घट जाता है। यही कारण है कि तेजाबी बरसात से नदियों, झीलों या सरोवरों के तमाम जीव-जंतु मर जाते हैं।

स्तनधारी प्राणियों का रक्त एक तरह का बफर विलयन होता है। रक्त के पीएच में जरा-सा परिवर्तन भी जैविक प्रक्रियाओं को बुरी तरह प्रभावित कर सकता है। मनुष्य के रक्त का पीएच मान 7.40 ± 0.05 होता है। यदि रक्त का पीएच 7.35 से कम हो जाये तो अम्लरक्तता की स्थिति पैदा हो जाती है। इसी तरह यदि पीएच मान 7.45 से अधिक हो जाये तो रक्तक्षारीयता हो जाती है। ये दोनों स्थितियां जीवन के लिए खतरनाक हैं। अम्लरक्तता से हीमोग्लोबिन की आक्सीजन वहन क्षमता घट जाती है और केंद्रीय तंत्रिका तंत्र की सक्रियता कम हो जाती है जिससे रोगी



चित्र 43 : बफर यानी अर्थात जीवन का तरल।

मरणासन्न हो जाता है। इस दौरान मृत्यु तक हो जाती है। इसके कारण हृदय की कमजोरी और लगातार अनियमितता से हृदयावरोध जैसी स्थिति भी पैदा हो जाती है।

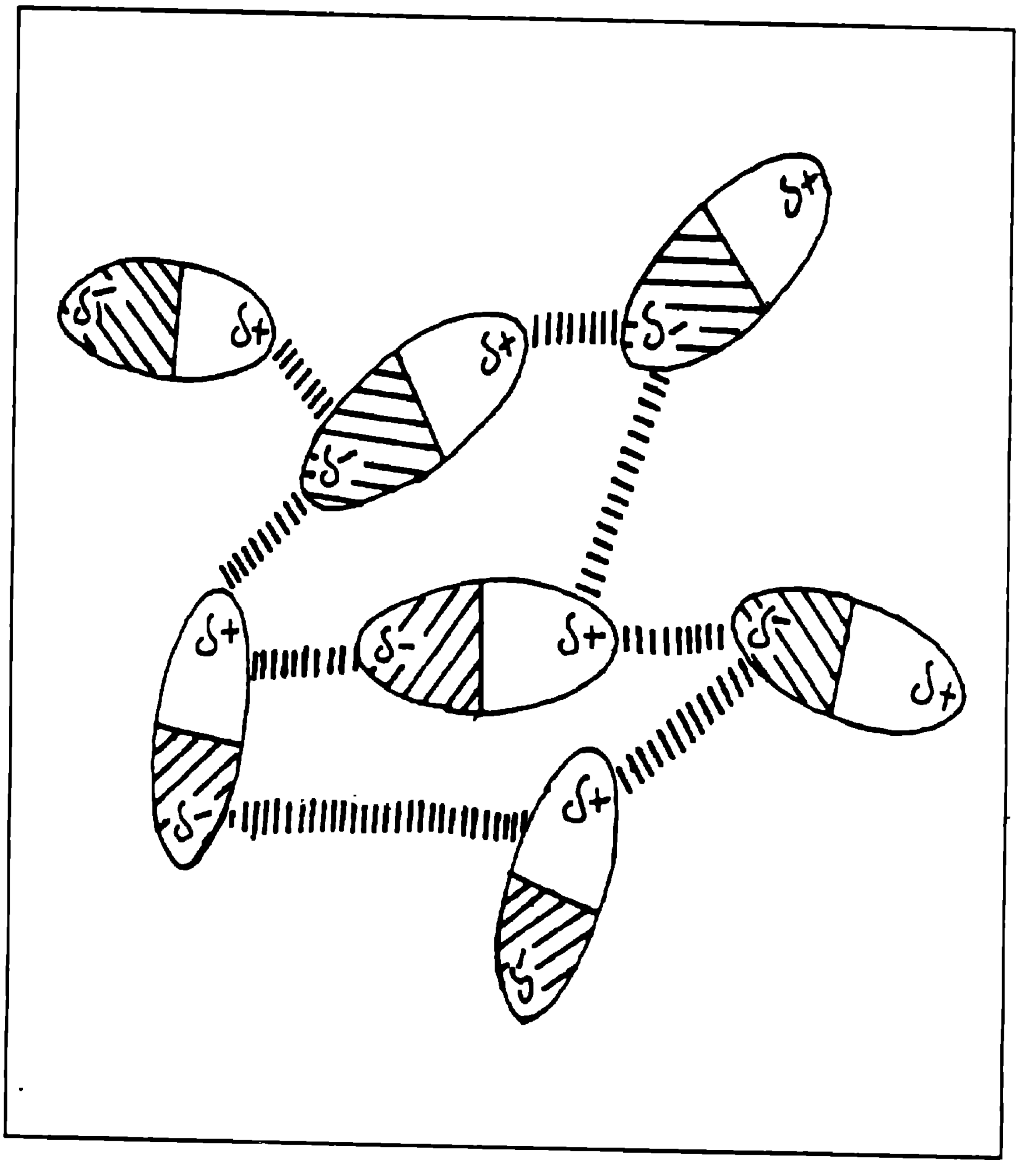
जले हुए रोगियों के मामलों में जीवन रक्षा के लिए चिकित्सक सबसे पहले रोगी के शरीर में पोषक घोल पहुंचाते हैं। ऐसा करना बहुत जरूरी होता है क्योंकि जलने के कारण रोगी के रक्त के पीएच में परिवर्तन से जीवन को तत्काल खतरा पैदा हो जाता है। शरीर में रक्त का पीएच कार्बोनेट और कार्बोनिक अम्ल के बफर से नियंत्रित होता है। जब कोई व्यक्ति जल जाता है तो रक्त की प्लाज्मा, शरीर के रक्त संचरण तंत्र से रिसकर जले हुए स्थान पर पहुंचती है जिससे जली हुई जगह पर सूजन आ जाती है और वहां रक्त की मात्रा घट जाती है। यदि शरीर का काफी हिस्सा जल गया है तो हो सकता है कि पूरे ऊतकों को खून की आपूर्ति कम हो जाये। इससे ऊतकों को आक्सीजन कम मिल पाती है। आक्सीजन की कमी होने से इन ऊतकों में लैक्टिक अम्ल का निर्माण होता है जो रक्त संवहन में प्रवेश कर हाइड्रोजन और कार्बोनेट आयन से क्रिया करके कार्बोनिक अम्ल बनाता है। अम्ल बनने से रक्तअम्लता होती है। सोडियम और पोटैशियम आयन भी जलने की स्थिति में राहत पहुंचाते हैं और विशेष सहायक साबित होते हैं। इसलिए ऐसी संकट की स्थिति में 0.9% सोडियम क्लोराइड का घोल और 5% ग्लूकोज का घोल शिराओं से रोगी के रक्त में चढ़ाया जाता है। इससे रोगी के शरीर में ग्लूकोज और इलेक्ट्रोलाइट का स्तर बना रहता है जो उसके जीवन के लिए निहायत जरूरी है।

8

पानी के विलयन का रसायन

जल, एक सार्वभौम विलायक

पानी अपने उच्च परावैद्युतांक के कारण एक उत्कृष्ट विलायक है। पानी में कुछ-न-कुछ मात्रा में हर चीज घुल जाती है चाहे वह कोई पत्थर का टुकड़ा ही क्यों न हो। बहुत से यौगिक, चाहे वे जलीय हों या निर्जलीय, पानी में घुलकर वैद्युतविश्लेषी (इलेक्ट्रोलिटिक) घोल बनाते हैं। ध्रुवीय के साथ-साथ बहुत से सहसंयोजी यौगिक



चित्र 44 : ध्रुवीय अणुओं में द्विध्रुव–द्विध्रुव अन्योन्यक्रिया।

जैसे, अल्कोहल, कार्बनिक अम्ल, कीटोंस और ईथर्स भी पूर्णतः या आंशिक तौर पर जल में घुलनशील होते हैं। ऐसा हाइड्रोजन बंध के साथ इन यौगिकों की अन्योन्यक्रिया के कारण होता है।

जब नमक (सोडियम क्लोराइड) को पानी में डालते हैं तो पानी के अणु नमक के क्रिस्टल की सतह पर बमबारी करते हैं। इस तरह वे सोडियम (Na^+) और क्लोराइड (Cl^-) आयनों को क्रिस्टल से अलग करके अपने में घोल लेते हैं। पानी के अणु वैद्युत द्विध्रुव होते हैं। इसलिए वे नमक के आवेशित आयनों से अन्योन्यक्रिया कर सकते हैं। घुले हुए Na^+ और Cl^- आयन पानी के अणुओं से चारों ओर से घिरे होते हैं। लेकिन धनात्मक और ऋणात्मक आयनों के लिए पानी के अणुओं के अभिविन्यास आपस में भिन्न होते हैं। किसी पदार्थ के साथ पानी की इस अन्योन्यक्रिया को जलयोजन (हाइड्रेशन) कहते हैं। जलयोजन में विलायक के अणु विलेय को चारों ओर से घेर लेते हैं।

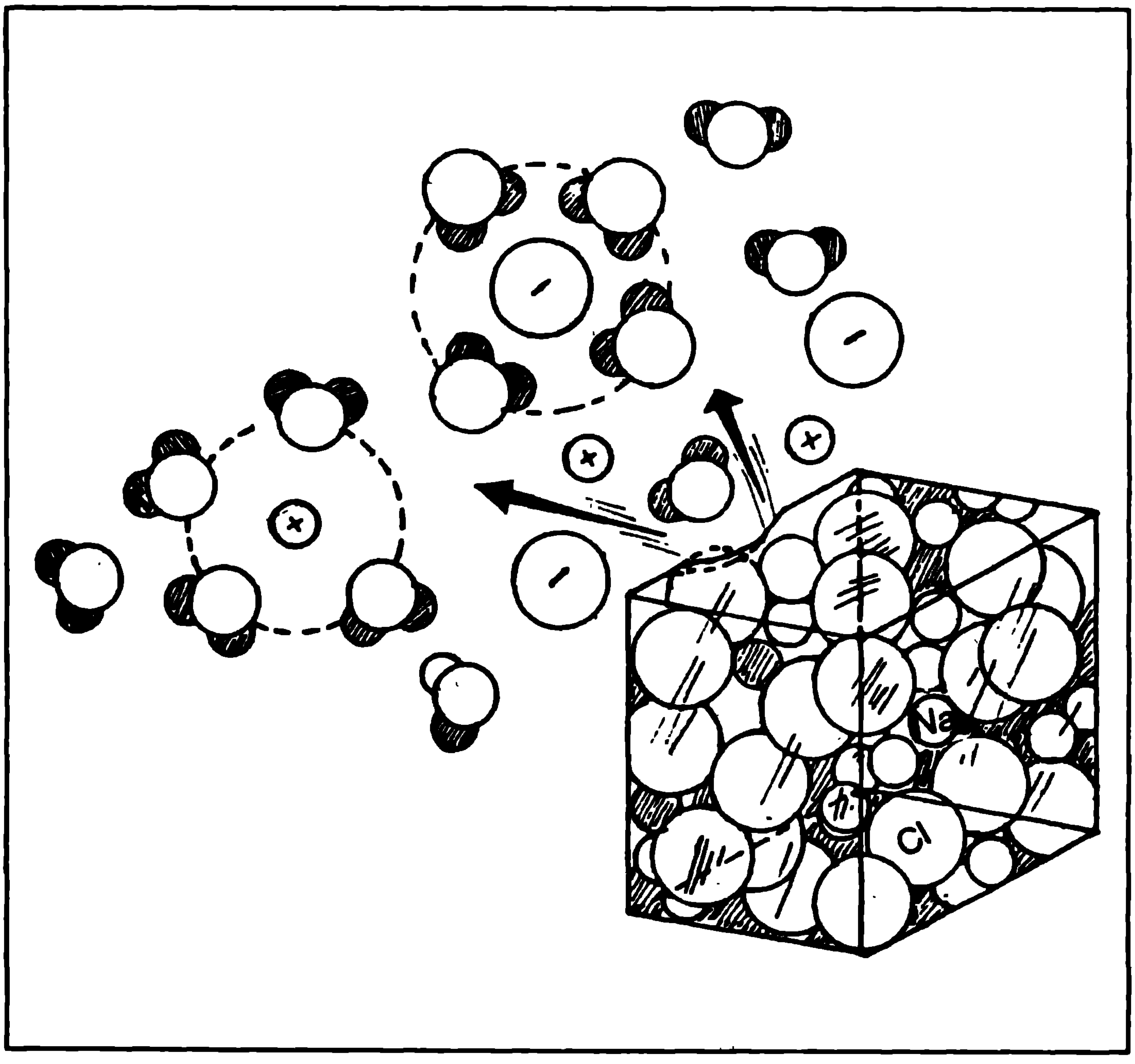
सारणी 5
कुछ विलायकों के परावैद्युतांक

विलायक	*परावैद्युतांक*
पानी	80.37
मेथेनॉल	32.63
इथेनॉल	24.30
एसीटोन	21.40
अमोनिया	16.90
हाइड्रोजन सल्फाइड	9.26
बेंजीन	2.27
कार्बन टेट्राक्लोराइड	2.22
साइक्लोहेक्सेन	1.90

पानी का परावैद्युतांक पारंपरिक विलायकों में सबसे अधिक होता है। किसी विलायक का परावैद्युतांक उस विलायक की वह क्षमता है जो उसमें निमज्जित दो विद्युत आवेशों के मध्य लगने वाले आकर्षण बल को कम करता है। सोडियम क्लोराइड में सोडियम और क्लोराइड आयनों के बीच प्रबल आकर्षण बल काम करता है। लेकिन जब इसे पानी में डालते हैं तो पानी के अणु इन आयनों को खींचकर

एक-दूसरे से अलग कर देते हैं। मुक्त हुए आयन पानी के अणुओं से घिरे होते हैं। हां, दोनों तरह के आयनों के लिए पानी के अणुओं का अभिविन्यास अलग होता है। इस तरह पानी में सोडियम क्लोराइड घुल जाता है।

यदि हम किसी यौगिक के जलीय विलयन को गरम करें तो पानी वाष्पीकृत हो जाता है और बाद में क्रिस्टलीय यौगिक के साथ पानी की अत्यल्प मात्रा बची रहती है। पानी के ये अणु यौगिक के क्रिस्टल जालक में अटके होते हैं। इन्हें क्रिस्टलन-जल कहते हैं। ऐसे लवण जिनमें ऐसे पानी के अणु पाये जाते हैं, उन्हें हाइड्रेट्स कहते हैं। उदाहरण के तौर पर कॉपर सल्फेट ($CuSO_4$), जिंक सल्फेट ($ZnSO_4$) आदि यौगिकों के नाम लिये जा सकते हैं। जलीय यौगिकों के कई निर्जल रूप बड़ी आसानी से पानी लेकर पुनः जलयोजित रूप में बदल जाते हैं। हालांकि प्लास्टर आफ पेरिस पूरी तरह निर्जल नहीं होता, लेकिन इसमें पानी की मात्रा जिप्सम से कम होती है। अतः जब हम प्लास्टर आफ पेरिस में पानी मिलाते हैं तो वह पानी सोखकर काफी कठोर हो जाता है। टूटी हुई हड्डियों को आपस में फिर से जोड़ने



चित्र 45 : सोडियम लवण का जलयोजन।

के लिए चिकित्सकों द्वारा चढ़ाई जाने वाली परत वास्तव में प्लास्टर आफ पेरिस ही होता है।

कुछ यौगिक अपने निर्जल रूप में चीजों को सुखाने के काम आते हैं क्योंकि वे हवा में मौजूद पानी को अवशोषित कर लेते हैं। ऐसे पदार्थों को आर्द्रताग्राही कहते हैं। ये यौगिक जल-शुष्कक के तौर पर प्रयुक्त होते हैं। कुछ जलयोजित लवण नमीयुक्त हवा से पानी अवशोषित करके उच्च हाइड्रेट्स बनाते हैं। कैल्सियम क्लोराइड इसी तरह का एक लवण है।

कुछ ठोस यौगिक वातावरण से नमी अवशोषित्र करके पसीज जाते हैं और द्रव में बदल जाते हैं। ऐसे यौगिकों को प्रस्वेद्य या लीनाक्ष कहते हैं। सोडियम हाइड्राक्साइड की सूखी टिकिया यदि खुले में रख दी जाये तो वह नमी सोखकर धीरे-धीरे द्रव में बदल जाती है। कुछ आयनिक यौगिकों में उनके आवेशित कणों के बीच इतना प्रबल आकर्षण बल काम करता है कि पानी में डालने पर भी वे आयनों में नहीं टूटते। ऐसे आयनिक यौगिक पानी में अविलेय होते हैं। बेरियम सल्फेट और कैल्सियम क्लोराइड इसी तरह के अघुलनशील यौगिक हैं।

सारणी 6

कुछ जलयोजित लवण

आणविक सूत्र	*रासायनिक नाम*	*सामान्य नाम*
$MgSO_4.7H_2O$	मैग्नीशियम सल्फेट हेप्टाहाइड्रेट	एप्सम साल्ट
$Ba(OH)_2.H_2O$	बेरियम हाइड्रक्साइड आक्टाहाइड्रेट	
$CaCl_2.2H_2O$	कैल्सियम क्लोराइड डाइहाइड्रेट	
$CuSO_4.5H_2O$	कॉपर सल्फेट पेंटाहाइड्रेट	ब्ल्यू विट्रियोल (नीला थोथा)
$FeSO_4.7H_2O$	फेरस सल्फेट हेप्टाहाइड्रेट	ग्रीन विट्रियोल (हरा थोथा)
$FeSO_4(NH_4)_2SO_4.12H_2O$	फेरस अमोनियम सल्फेट डोडेकाहाइड्रेट	मोहर साल्ट
$K_2SO_4 Al_2(SO_4)_3.\ 24H_2O$	पोटैशियम एल्युमिनियम सल्फेट डोडेकाहाइड्रेट	फिटकरी
$Na_2SO_3.\ 10H_2O$	सोडियम सल्फेट डेकाहाइड्रेट	ग्लौबर्स साल्ट
$Na_2B4O_7.\ 10H_2O$	सोडियम टेट्राबोरेट डेकाहाइड्रेट	बौरेक्स

विलयन की किस्में

किसी विलेय को पानी में घोलने पर दो तरह के मिश्रण प्राप्त होते हैं—(i) समांग मिश्रण जिसे विलयन कहते हैं, तथा (ii) विषमांग मिश्रण, जिसके अंतर्गत कोलाइड तथा निलंबन आते हैं। यदि विलेय पदार्थ विलायक में समान रूप से घुला है तो ऐसा मिश्रण विलयन कहलाता है, और इसमें माध्यम की प्रावस्था के गुणधर्म हर जगह समान होते हैं। इसके विपरीत यदि कोई विलेय विलायक में समान रूप से नहीं घुला है तो हमें कोलाइड मिश्रण प्राप्त होता है। ऐसे में माध्यम के गुणधर्म भिन्न होते हैं क्योंकि इसमें कई प्रावस्थाएं होती हैं। यदि विलायक के अणुओं का आकार 10^{-4} सेमी से बड़ा है तो निलंबन प्राप्त होता है। निलंबन देखने में धुंधला होता है। एक दूसरे तरह का विलयन वास्तविक विलयन होता है जिसमें प्रावस्था पारदर्शी होती है और विलेय के अणुओं का आकार 10^{-7} सेमी होता है। विलेय के अणुओं के आकार के आधार पर मिश्रण की एक और स्थिति पायी जाती है जो वास्तविक विलयन और निलंबन के बीच की स्थिति होती है। इसे कोलाइड कहते हैं। कोलाइड के कुछ विशेष गुण होते हैं। कोलाइडों की हमारे दैनिक जीवन में बहुत उपयोगिता है।

कोलाइड शब्द की व्युत्पत्ति यूनानी शब्द कोला (kolla) से हुई है जिसका अर्थ होता है 'गोंद'। कोलाइड शब्द का प्रयोग पहली बार सन् 1861 में ब्रिटेन के वैज्ञानिक **थामस ग्राहम** ने किया था। कोलाइड के कणों से दृश्य प्रकाश का हर दिशा में प्रकीर्णन



चित्र 46 : कुछ कोलाइडी तंत्र।

होता है। इस प्रक्रिया की खोज **टिंडल** ने की थी। उनके नाम पर इसे **टिंडल प्रभाव** कहते हैं। बादल, स्याही, मक्खन, दूध, पनीर, रंग-रोगन, दही, गुंथा हुआ आटा, रोटी, पेस्ट्री और चपाती कोलाइड के कुछ उदाहरण हैं। यहां ध्यान देने की बात यह है कि कोई भी पदार्थ स्वयं में कोलाइड नहीं होता, बल्कि वह कोलाइड के रूप में पाया जाता है। एक ही पदार्थ किसी अन्य विलायक में घुला होने पर दूसरे रूप में भी पाया जा सकता है। जैसे, खाने का नमक पानी में घुलने पर वास्तविक विलयन बनाता है। लेकिन जब यही नमक किसी कार्बनिक विलायक जैसे बेंजीन में घोला जाता है तो वह कोलाइड बनाता है। किसी कोलाइडी तंत्र में दो प्रावस्थाएं पायी जाती हैं। इन्हें परिक्षेपित प्रावस्था और परिक्षेपण माध्यंम कहते हैं। कोलाइड की ये दोनों प्रावस्थाएं आवेशित होती हैं। इन पर परस्पर विपरीत आवेश होते हैं जिससे ये एक-दूसरे से प्रतिकर्षित रहती हैं।

सारणी 7
विभिन्न तरह के कोलाइडी तंत्र

प्रकार	*परिक्षेपित प्रावस्था*[अ]	*परिक्षेपण माध्यम*[ब]	*उदाहरण*
फोम	गैस	द्रव	सड्स (फेन), फेंटी गयी क्रीम
ठोस फोम	गैस	ठोस	प्यूमिस (झांवा), मार्शमैलो (कच्छ दाना)
द्रव एरोसॉल	द्रव	गैस	धुंध, कुहरा, बादल
इमल्सन (पायस)	द्रव	द्रव	दूध, क्रीम
ठोस इमल्सन	द्रव	ठोस	मक्खन, मनीर
धुआं	ठोस	गैस	धूम या कुहरे में धूल के कण
सॉल	ठोस	द्रव	जेली[स], रंग-रोगन
ठोस सॉल	ठोस	ठोस	मोती, ब्लैक डायमंड (काला हीरा)

अ. परिक्षेपित प्रावस्था कोलाइडी कणों से बनी होती है।

ब. जिस माध्यम में कोलाइडी कण छितराये हुए होते हैं, उसे परिक्षेपण माध्यम कहते हैं।

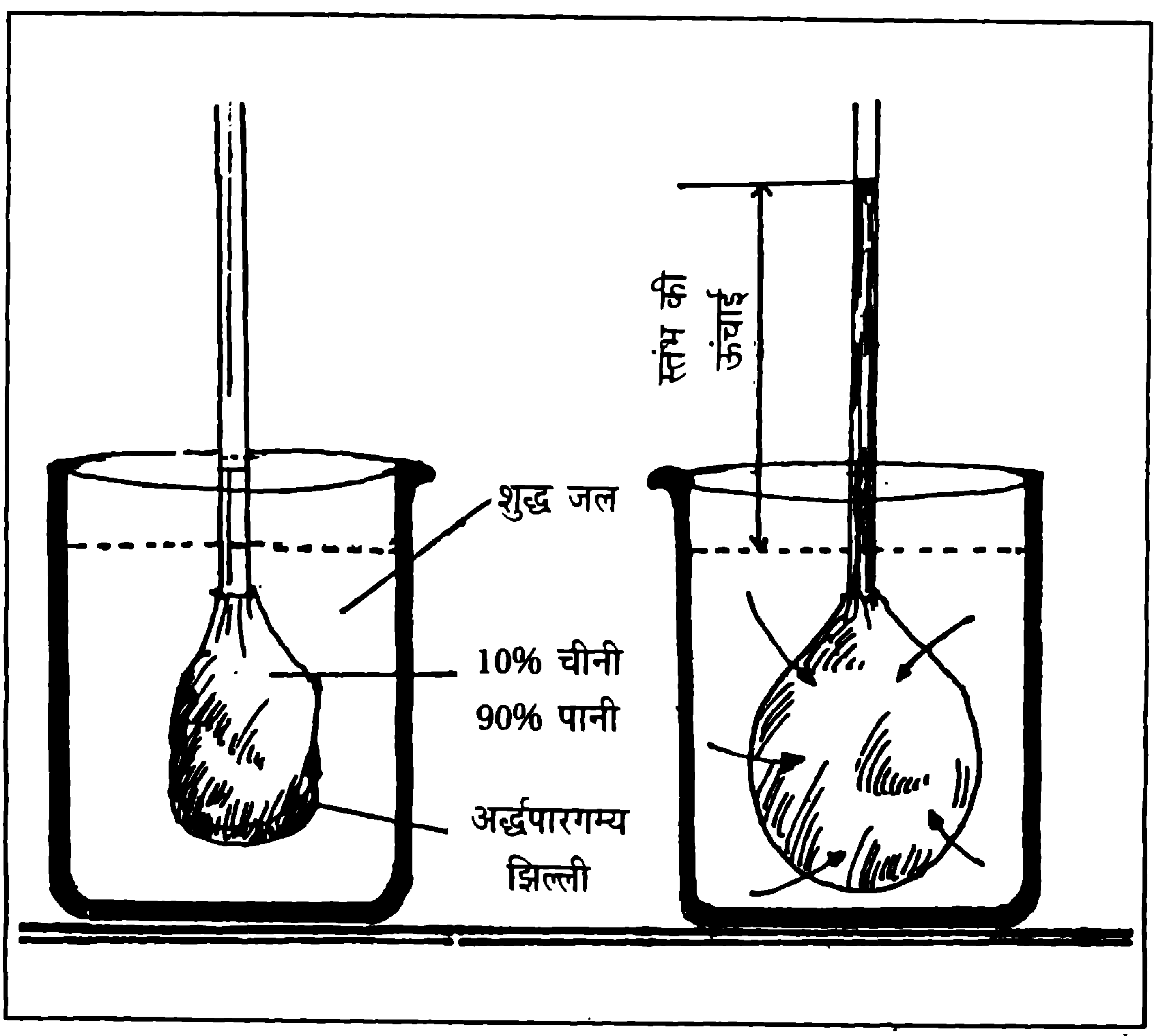
स. ऐसे सॉल जो अर्ध-ठोस फोम का रूप ग्रहण कर लेते हैं, जेली कहलाते हैं।

परासरण और जीवन-प्रक्रियाएं

परासरण जीवन की आवश्यक प्रक्रिया है। ऐसा माना जाता है कि धरती पर जीवन की उत्पत्ति के पहले प्रोटीन एवं आनुवंशिक पदार्थों (आर.एन.ए. और डी.एन.ए.) का निर्माण हुआ। जब न्यूक्लिक अम्ल और प्रोटीन संयोगवश एक झिल्ली से घिर

गये तो प्रथम तथा आदिम कोशिका का निर्माण हुआ। यह कोशिका वाह्य दुनिया से नितांत अलग नहीं थी, बल्कि इसका अपने वातावरण से संपर्क होने के साथ-साथ पारस्परिक संबंध भी था। बाद में इस कोशिकीय तंत्र में ऐसी क्षमता आ गयी जिससे वह अपने वातावरण में मौजूद संसाधनों का अपनी वृद्धि और विकास के लिए उपयोग कर सके। किसी भी सजीव के लिए यह आवश्यक है कि उसके अंदर जीवन की प्रक्रियाएं संपादित हो सकें। जीव के अंदर झिल्ली के माध्यम से आयनों के नियंत्रण द्वारा रासायनिक समस्थापन बना रहता है।

परासरण एक भौतिक प्रक्रिया है जिसमें एक अर्द्ध-पारगम्य झिल्ली से होकर विलायक के अणु इस पार से उस पार आ-जा सकते हैं जिससे दोनों तरफ विलेय का सांद्रण बराबर हो जाये। यदि एक ही विलायक से बने दो विलयन एक अर्द्ध-पारगम्य झिल्ली से अलग रखें जायें तो विलायक के अणु उच्च सांद्रता वाले घोल से निम्न सांद्रता वाले घोल की ओर चले जाते हैं। अणुओं का यह आवागमन तब तक जारी रहता है जब तक कि दोनों ओर विलेय का सांद्रण बराबर नहीं हो

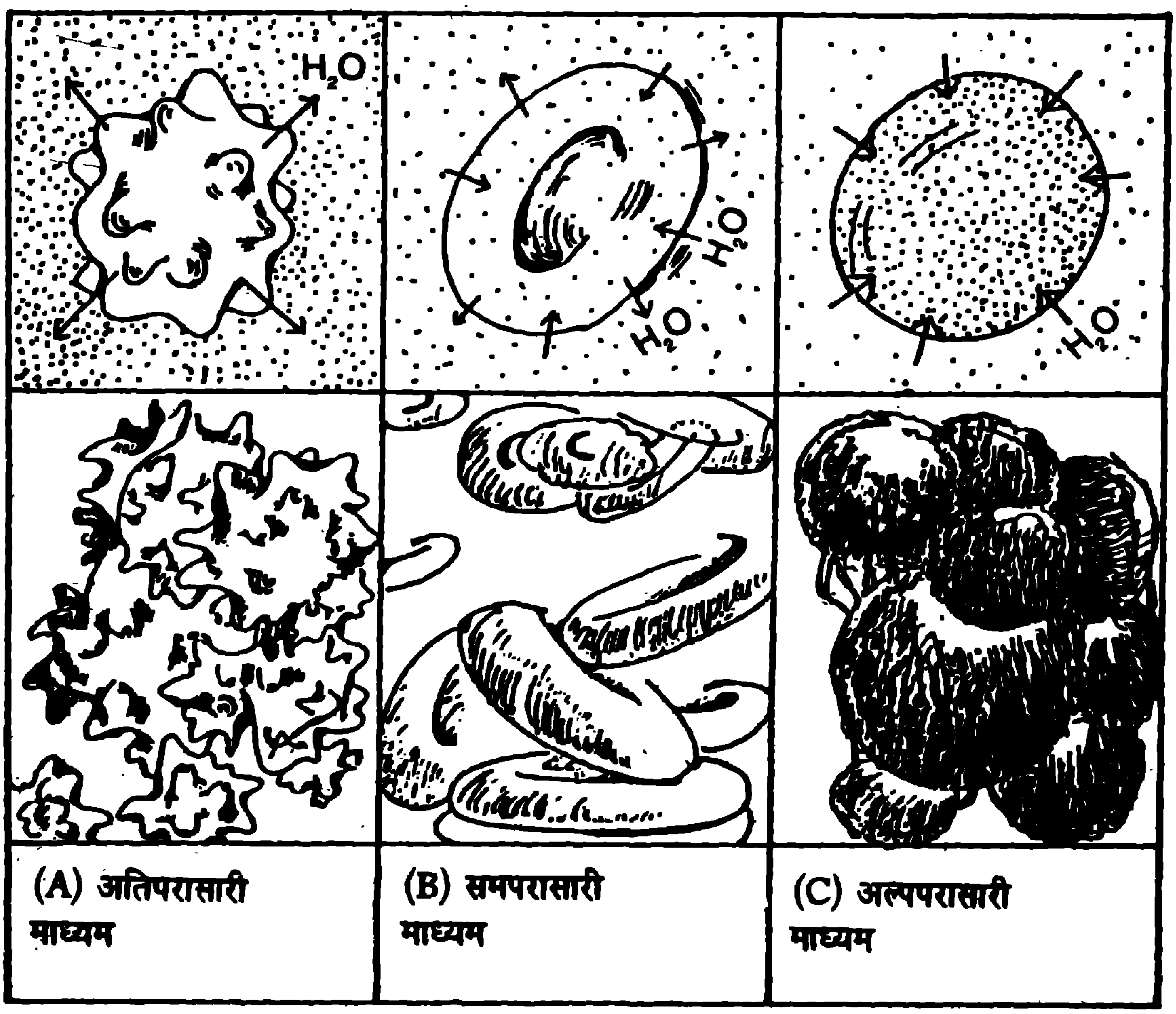


चित्र 47 : परासरण।

जाता। मान लीजिए, हमने एक सेलोफेन थैले में 5% सांद्रण का चीनी का विलयन लिया है। इसे एक बीकर में डाल देते हैं जिसमें पानी भरा है। सेलोफेन अर्द्ध-पारगम्य झिल्ली का काम करता है। इस थैले में ऊपर की ओर एक केशिका लगी है। इस पर निशान लगे हैं और यह दाबमापी (मैनोमीटर) का काम करेगी। समय के साथ धीरे-धीरे बीकर का पानी झिल्ली के अंदर आयेगा। पानी अंदर आने से चीनी के घोल में पानी की मात्रा बढ़ेगी। यानी पानी केशिका में ऊपर की ओर चढ़ेगा। परासरण की प्रक्रिया तब तक जारी रहेगी जब तक कि केशिका के स्तंभ का दाब परासरण दाब के बराबर नहीं हो जाता। परासरण दाब का मान उस दाब के बराबर होता है जो परासरण रोकने के लिए आवश्यक होता है।

किसी विलायक में घुली हुई विलेय की मात्रा के अनुसार घोल तीन प्रकार के होते हैं। अतिपरासारी, अल्पपरासारी एवं समपरासारी। यदि दोनों ओर विलयन का सांद्रण समान है तो अर्द्ध-पारगम्य झिल्ली के आर-पार विलायक का शुद्ध आदान-प्रदान शून्य होगा। ऐसे घोल समपरासारी (आइसोटोनिक) घोल कहलाते हैं। यदि किसी प्रणाली के बाहर विलेय का सांद्रण अंदर की तुलना में अधिक है तो विलायक अंदर से बाहर की ओर जायेगा। ऐसे में बाहर का घोल अतिपरासारी (हाइपरटोनिक) होता है। इसे बहिःपरासरण कहते हैं। फलों एवं हरी सब्जियों पर नमक का छिड़काव करने से वे सिकुड़ जाते हैं। ऐसा बहिःपरासरण के कारण होता है क्योंकि अंदर का जल बाहर निकल आता है। इसके विपरीत यदि किसी प्रणाली में बाहर की अपेक्षा भीतर विलेय का सांद्रण अधिक है तो विलायक बाहर से अंदर की ओर आयेगा। ऐसी स्थिति में बाहर की तुलना में अंदर का घोल अल्पपरासारी (हाइपोटोनिक) कहलाता है। किशमिश या मुनक्का पानी में भिगोने पर फूल जाते हैं। ऐसा अंतःपरासरण के कारण से होता है क्योंकि पानी परासरण द्वारा भीतर सोख लिया जाता है। यदि यह परासरण चलता ही रहे तो एक सीमा के बाद ऐसी स्थिति आ सकती है कि आंतरिक दबाव के कारण झिल्ली फट सकती है। इसी तरह अन्न के दानें जैसे, गेहूं, चना, मटर, सोयाबीन, आदि पानी में डालने पर फूल जाते हैं। शरीर में रक्त एवं अन्य कोशिकाओं में तमाम तरह के विलेय घुले होते हैं। ऐसे में शरीर के विभिन्न ऊतकों में विलेय पदार्थों के वितरण में इन घोलों के परासरण दाब की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। निर्जलन से पीड़ित रोगियों को पानी के साथ पोषक पदार्थ दिये जाते हैं।

यदि स्थिति गंभीर हो तो ये चीजें अंतःशिरा के माध्यम से सीधे रक्त में पहुंचाई जाती हैं। हां, किसी रोगी को सिर्फ सादा पानी रक्त में नहीं चढ़ाया जा सकता क्योंकि इससे लाल रक्त कोशिकाएं अंतःपरासरण के कारण पानी सोखकर फूल जायेंगी और इस कारण वे फट भी सकती हैं। ऐसी स्थिति न आये, इससे बचने के लिए रोगी के रक्त में समपरासारी घोल चढ़ाते हैं। यह नॉर्मल लवण जल होता है जो 0.9%



चित्र 48 : परासरण एवं सजीव कोशिकाए।

सोडियम क्लोराइड का घोल होता है। यदि इससे अधिक सांद्रण का घोल शरीर में चढ़ा दिया जाये तो रक्त कोशिकाएं बहिःपरासरण के चलते सिकुड़ जायेंगी। यह हमारे दैनिक अनुभव की बात है कि जब कभी हम अधिक नमकयुक्त भोजन कर लेते हैं उस दिन हमें अधिक प्यास लगती है और हम अधिक पानी पीते हैं। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि हमारी आंतों में अतिपरासारी वातावरण पैदा हो जाता है। इससे बहिःपरासरण होता है और हमारा शरीर पानी उत्सर्जित करता है। पानी की इस क्षति की भरपाई करने के लिए हमें बार-बार प्यास लगती है और हम अधिक पानी पीते हैं।

9

पानी की गोद में जीवन की उत्पत्ति एवं विकास

जीवन के गतिशील क्रम तथा उसकी संगठित जटिलता से बढ़कर सुंदर और आश्चर्यजनक कोई दूसरी चीज नहीं है।

—एरियल जी. लोवी तथा फिलिप सिकेविट्ज, 1969

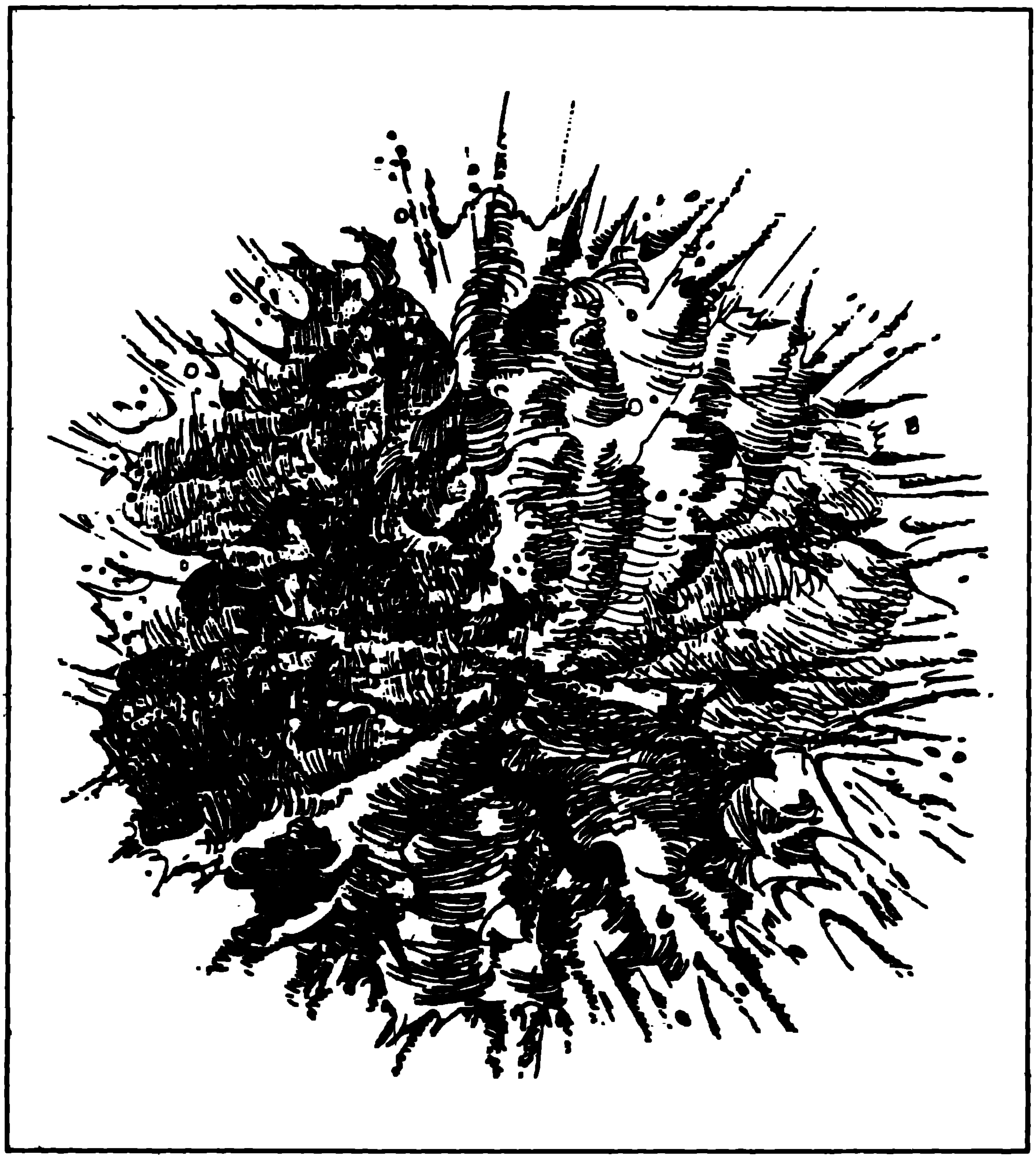
सूरज की किरणों द्वारा बरकरार एक मद्धिम विद्युतधारा जीवन का परिचालन करती है।

—अल्बर्ट वॉन जेंट ग्योर्गी, 1960

जीवन अणुओं के मध्य का संबंध है, न कि यह किसी अणु का गुण है।

—लाइनस पॉलिंग, 1960

हम एक गतिशील एवं निरंतर परिवर्तनशील ब्रह्मांड में रहते हैं। ब्रह्मांड वह सबकुछ है जो हमारे चारों ओर मौजूद है, जिसे हम देख सकते हैं और जिसका हम अपनी ज्ञानेंद्रियों और उपकरणों से अनुभव कर सकते हैं या उसके साथ पारस्परिक क्रिया कर सकते हैं। पूरे ब्रह्मांड के अध्ययन को ब्रह्मांडविज्ञान या ब्रह्मांडिकी कहते हैं, जबकि किसी पिंड-विशेष के अध्ययन को खगोलविज्ञान कहते हैं। सूरज, चांद तथा सितारों सहित ब्रह्मांड के सभी खगोलीय पिंडों की अपनी आयु होती है। ब्रह्मांड में सब कुछ नश्वर है। यहां कुछ भी स्थायी नहीं है। ब्रह्मांड के हर पिंड का एक निश्चित आदि और अंत है। यहां तक कि ब्रह्मांड खुद अनादि या अनंत नहीं है। वह आज से करीब 15 अरब वर्ष पहले एक विस्फोट के साथ अस्तित्व में आया। उस घटना को महाविस्फोट यानी बिग बैंग कहते हैं। विस्फोट के समय न तो पदार्थ था और न ही दिक् एवं काल अस्तित्व में थे। उस समय केवल क्वार्क घोल रूपी ऊर्जा का अस्तित्व था। बाद में सब कुछ उसी प्रचंड विस्फोट से बना। अनुसंधानकर्ताओं का कहना है कि विस्फोट से पैदा धूल एवं गैसें तीव्र वेग से फैलनी शुरू हुईं। उनके प्रसार का क्रम आज भी अनवरत जारी है। विस्फोट के समय तापमान हजारों करोड़

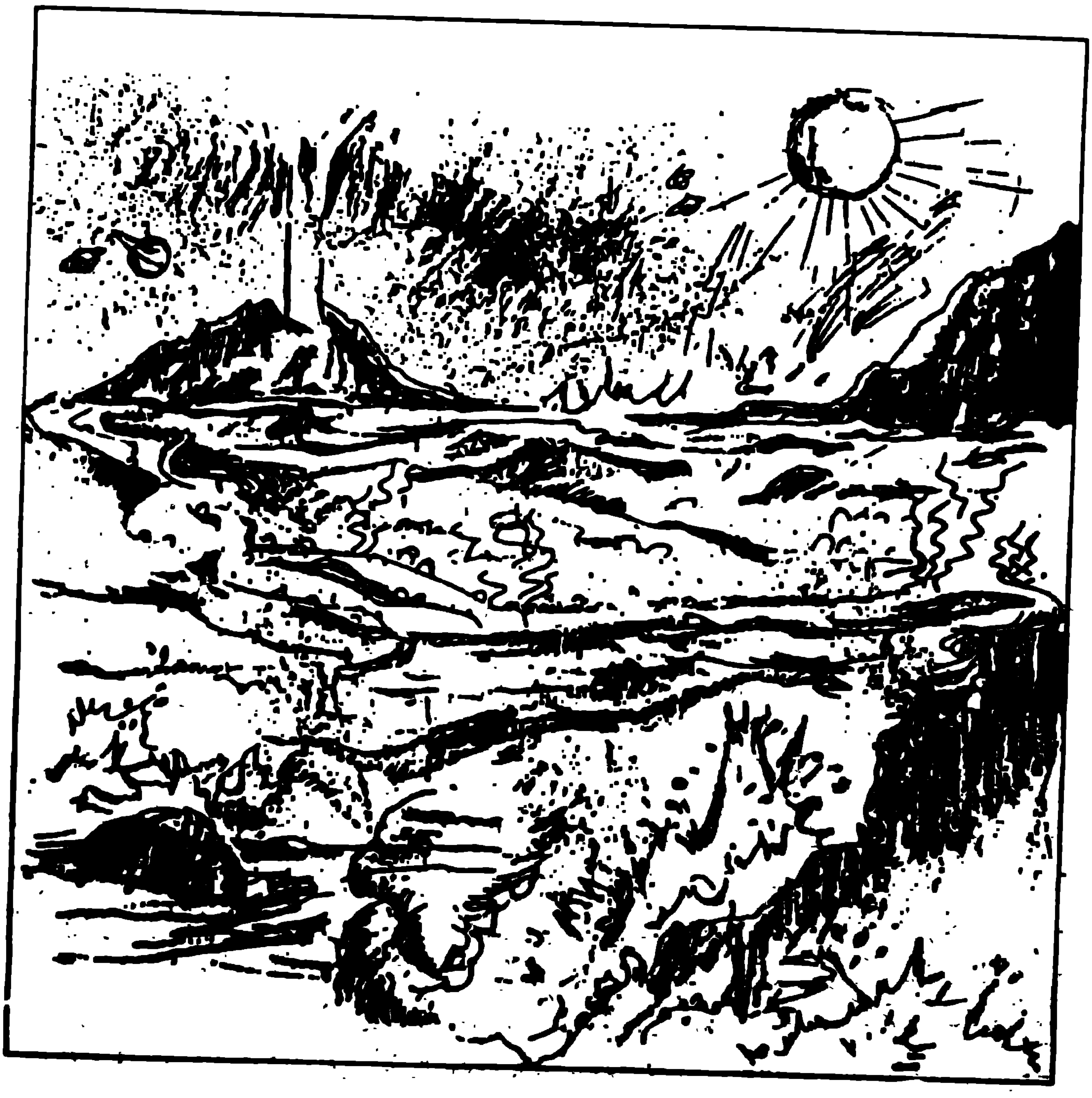


चित्र 49 : महाविस्फोट! ऐसी मान्यता है कि इसके बाद ही सब कुछ अस्तित्व में आया।

डिग्री सेल्सियस था। समय के साथ प्रसार होने से तापमान घटता गया। इसी से बाद में कुछ ऊर्जा इलेक्ट्रान, प्रोटान और न्यूट्रान के रूप में संघनित हुई। ध्यान रहे कि ये ही किसी पदार्थ के मूलभूत घटक हैं। महाविस्फोट के बाद क्वार्क घोल से अवपरमाणविक कण बने। क्वार्क घोल और कुछ नहीं, बल्कि क्वार्क के समुच्चय थे। इन्हें आज पदार्थ की सूक्ष्मतम संरचनात्मक इकाई के रूप में जानते हैं। ब्रह्मांड का ताप घटने के साथ प्रोटान और न्यूट्रान आपस में मिले जिससे नाभिक का निर्माण हुआ। बाद में इलेक्ट्रान इनसे जुड़ गये और इस तरह परमाणु अस्तित्व में आया। प्रारंभ में अधिकांश रूप से हाइड्रोजन एवं हीलियम जैसे हलके परमाणु ही बने क्योंकि तब स्थितियां हलके परमाणुओं के निर्माण के ही अनुकूल थीं। इसीलिए पूरे ब्रह्मांड

में करीब 99 प्रतिशत से अधिक हाइड्रोजन एवं हीलियम तत्व हैं। तारे संरचनात्मक रूप से मुख्यतः हाइड्रोजन तथा हीलियम के बने होते हैं।

भूवैज्ञानिकों के अनुसार पृथ्वी की आयु 4 अरब 60 करोड़ वर्ष है। इतने वर्ष पहले धरती का वातावरण कैसा था तथा उस समय उस पर क्या-क्या घटनाएं घट रही थीं, निश्चय ही हम इस बारे में जानने के लिए इतिहास में पीछे नहीं लौट सकते। हां, उन घटनाओं ने तमाम ऐसे निशान छोड़े हैं जिनके आधार पर हम आदिम धरती की परिस्थितियों के बारे में निष्कर्ष निकाल सकते हैं। हालांकि इस बात पर सभी वैज्ञानिक एकमत नहीं हैं कि आज से करोड़ों वर्ष पहले धरती कैसी थी या तत्कालीन वातावरण कैसा था। यह एक बहस का विषय है कि क्या तब धरती का तापमान बहुत अधिक था? क्या धरती की सतह पिघली हुई थी? क्या धरती के आदिम वातावरण में अमोनिया की बहुतायत थी? वैसे अधिकांश वैज्ञानिकों का ऐसा ही मानना है।



चित्र 50 : आदिम धरता।

आज हर कोई इस बात से सहमत लगता है कि आदिम धरती आज की तरह शांत नहीं थी। उस समय इस पर तमाम ज्वालामुखी फूट रहे थे, वातावरण में बिजली की कड़क थी तथा भीषण बरसात हो रही थी। उस समय धरती बहुत ही गर्म थी। तत्कालीन वायुमंडल में आज की तरह ओजोन गैस की सुरक्षात्मक परत नहीं थी जिसकी वजह से घातक पराबैंगनी किरणें धरती तक बेरोक-टोक पहुंच रही थीं। उस समय वायुमंडल में आक्सीजन नहीं थी। इन परिस्थितियों में कोई जीवन शुरू हो सके, यह संभव नहीं था। आज धरती पर हम जो जीवमंडल पाते हैं या जो वायुमंडल हम देखते हैं, वह धरती के अस्तित्व में आने के करोड़ों वर्षों बाद के विकास का परिणाम है। वैज्ञानिकों का कहना है कि धरती पर सर्वप्रथम एक कोशिकीय शैवाल एवं जीवाणु अस्तित्व में आये। इन्हीं सूक्ष्मजीवों द्वारा प्रकाश-संश्लेषण के फलस्वरूप वातावरण में आक्सीजन मुक्त हुई। करोड़ों वर्षों तक निरंतर ऐसा होते रहने से धरती के वायुमंडल का संघटन धीरे-धीरे बदला। इसमें पानी की बड़ी अहम् भूमिका रही। प्रकाश-संश्लेषण के फलस्वरूप एक तरफ कार्बन डाइआक्साइड तथा नाइट्रोजन से जैव-अणुओं का निर्माण हुआ। दूसरी ओर आक्सीजन के बनने में पानी एक स्रोत रहा। ऐसा इसलिए हुआ क्योंकि प्रकाश-संश्लेषण में मुक्त होने वाली नवजात आक्सीजन पानी के ही अणु से आती है। इस तरह करोड़ों वर्ष बाद एक नयी संरचना के साथ एक नया वायुमंडल तैयार हुआ। आज आक्सीजन हमारे वायुमंडल में दूसरी सबसे अधिक मिलने वाली गैस है। आक्सीजन पर आधारित श्वसनतंत्र से युक्त बहुकोशिकीय जीव बाद में विकसित हुए।

चूंकि आदिम धरती के वातावरण में ओजोनरूपी कवच नहीं था, अतः वाह्य अंतरिक्ष से आने वाली पराबैंगनी किरणें धरती तक आसानी से पहुंच रही थीं। पराबैंगनी किरणें उच्च ऊर्जा की विद्युतचुंबकीय तरंगें होती हैं। ये अधिकांश कार्बनिक एवं अकार्बनिक अणुओं को तोड़ सकने में सक्षम हैं। इससे आदिम वातावरण अनेक अभिक्रियाशील रसायनों से युक्त था जिनमें मूलकों का बाहुल्य था। ऐसी संभावना है कि ऐसी कार्बन-प्रचुर वातावरणी परिस्थितियों में सरल कार्बनिक यौगिकों का निर्माण हुआ होगा। इस बारे में सबसे प्रबल प्रमाण 1953 में **स्टैनली मिलर** तथा **हैरोल्ड यूरे** द्वारा किये गये प्रयोग से मिला। उन्होंने प्रयोगशाला में आदिम वातावरण पैदा करके इस सिद्धांत को जांचना चाहा था जिसमें उन्हें सफलता मिली। उन्होंने एक फ्लास्क में कार्बन डाइआक्साइड, अमोनिया, मीथेन एवं जलवाष्प का मिश्रण लिया। उस मिश्रण में एक सप्ताह तक विद्युत स्पार्क प्रवाहित किया। एक सप्ताह बाद जब उन्होंने जांच की तो परिणाम सचमुच विस्मयकारी था। फ्लास्क में सरल कार्बनिक यौगिक जैसे हाइड्रोजन सायनाइड तथा फार्मल्डिहाइड बने थे। ये यौगिक रासायनिक अभिक्रिया करके अन्य यौगिकों का निर्माण करते हैं। जो बात सबसे अधिक आश्चर्यजनक थी वह यह थी कि इस अभिक्रिया में कुछ सरल अमीनो अम्ल,



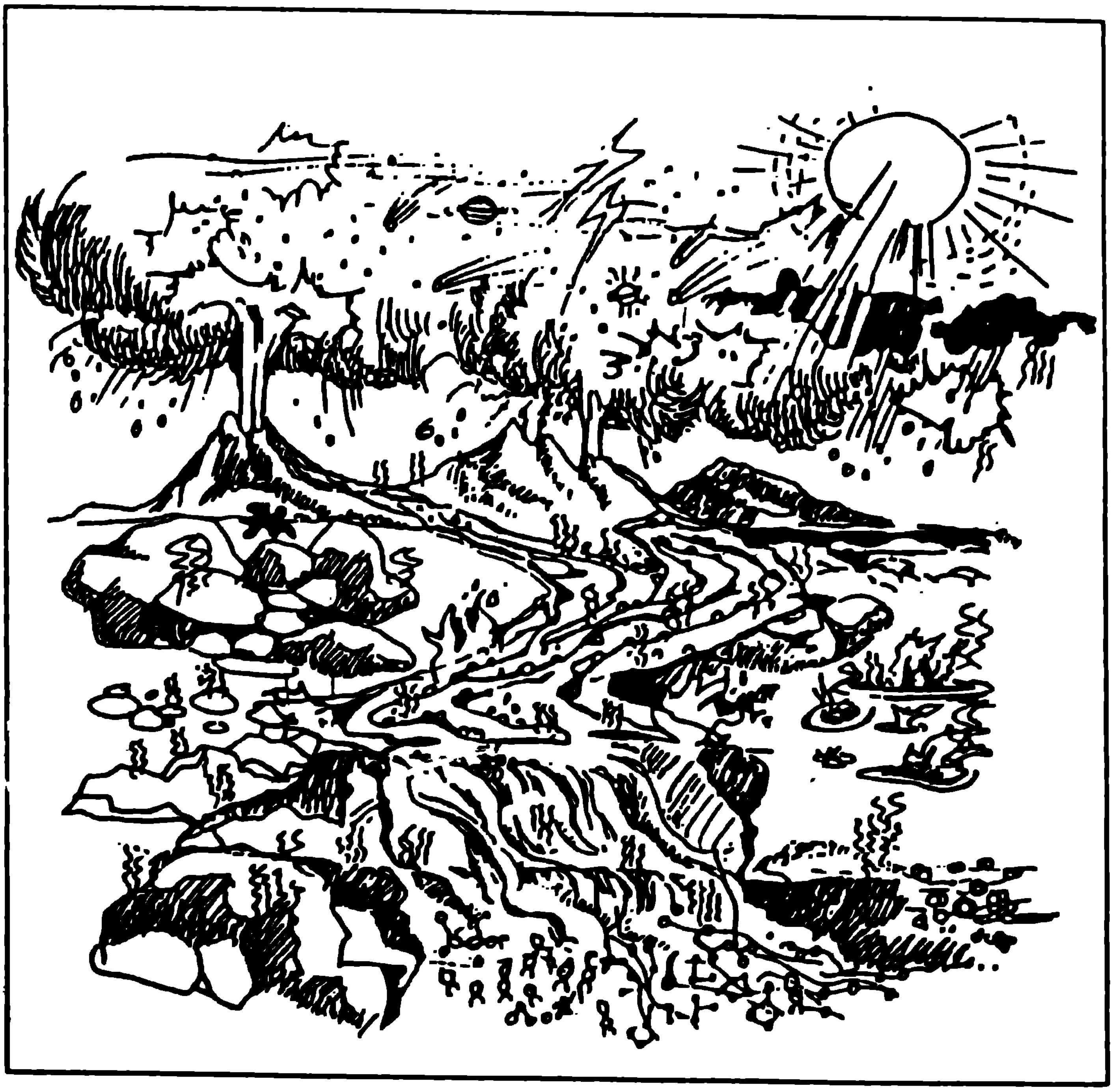
चित्र 51 : स्टैनली मिलर एवं उनका उपकरण।

शर्करा तथा नाइट्रोजनी क्षार भी बने थे जो जीवन के प्रमुख घटक हैं। हालांकि इस प्रयोग से आदिम धरती पर जीवन की उत्पत्ति का पूरा ब्यौरा तो नहीं मिला, लेकिन जो एक बात साफ हुई वह यह है कि जलीय माध्यम में साधारण अकार्बनिक यौगिकों से कार्बनिक यौगिकों का निर्माण संभव है।

एक बार सरल कार्बनिक यौगिकों के बन जाने से जैवयौगिक बन सकते हैं जैसे, अमीनो अम्ल तथा न्यूक्लियोटाइड के बहुलीकरण से प्रोटीन तथा न्यूक्लिक अम्लों का निर्माण संभव है। ये यौगिक हर जीव की मुख्य संघटनात्मक इकाई हैं चाहे वह

कोई वनस्पति हो या कोई प्राणी। कालांतर में समय के साथ पृथ्वी का तापमान कम हुआ जिससे वातावरण में मौजूद जलवाष्प संघनित होकर द्रव में बदल गये। पानी के इकट्ठा होने से महासागर बने। वातावरण में निर्मित कार्बनिक यौगिक पानी के बहाव के साथ समुद्र में ले जाये गये। आदिम धरती के महासागर गर्म एवं गंधयुक्त घोल की तरह थे जिनमें अमोनिया, कार्बन डाइआक्साइड, मीथेन, फार्मल्डिहाइड, हाइड्रोजन सल्फाइड तथा कार्बनिक हाइड्रोकार्बन मौजूद थे। इसी रासायनिक घोल से पहला जीवन बना जो समय के साथ जटिल जीवों में विकसित हुआ।

पृथ्वी पर प्रथम जीव के आगमन के पहले इस पर एक रासायनिक विकास हुआ। इसके अंतर्गत जटिल एवं बड़े अणुओं का निर्माण हुआ जो कि हर प्राणी के अभिन्न घटक हैं। **जे.बी.एस. हाल्डेन** का दृढ़ विश्वास था कि यही आदिम घोल जीवन के सभी जरूरी रसायनों का स्रोत था। उनके अनुसार आदिम धरती पर शर्करा



चित्र 52 : आदिम शोरबे से प्रोटोसेल्स बनने के साथ धरती पर जीवन का प्रादुर्भाव हुआ।

और अमीनो अम्ल जैसे तरह-तरह के यौगिकों के संश्लेषण में पराबैंगनी किरणों की अहम् भूमिका थी। सभी जीव कोशिकाओं से बने होते हैं। ये कोशिकाएं झिल्ली से घिरी होती हैं जिनके भीतर तमाम रसायन पानी में घुले होते हैं। सरलतम जीवों में प्रोटोजोआ, जीवाणु तथा नील-हरित शैवाल होते हैं। बहुकोशिकीय जीवों में अरबों-खरबों कोशिकाएं पायी जाती हैं। ऐसे जीवों में कोशिकाओं के काम बंटे होते हैं यानी हर प्रकार के काम के लिए कोशिकाओं के अलग-अलग समूह होते हैं। इन्हें ऊतक कहते हैं। ऐसा विश्वास है कि सभी सजीव लंबे समय के दौरान एक सर्वनिष्ठ पूर्वजकोशिका से प्राकृतिक चयन के द्वारा बने हैं।

जीवन की उत्पत्ति का पारंपरिक सिद्धांत तीस के दशक में **हाल्डेन** तथा रूसी वैज्ञानिक **अलेक्जैंडर ओपेरिन** ने अलग-अलग प्रतिपादित किया था। उनका मानना है कि आदिम महासागरों में रासायनिक यौगिकों का निर्माण काफी लंबे समय तक चलता रहा था। यह प्रक्रिया तब तक जारी रही होगी जब तक कि कोई पहला ऐसा अणु नहीं बना जो अपनी अनुकृति बनाने में सक्षम था। अपने जैसा बना पाना जीवन की पहली आवश्यक शर्त है। आज यदि हम एक कटोरा घोल खुले वातावरण में रख दें तो सूक्ष्मजीवों के कारण वह कुछ समय बाद खराब हो जायेगा। लेकिन आदिम धरती पर चूंकि सूक्ष्मजीव थे ही नहीं, इसलिए रासायनिक घोल लंबे समय तक बिना खराब हुए ज्यों-का-त्यों पड़ा रहा।

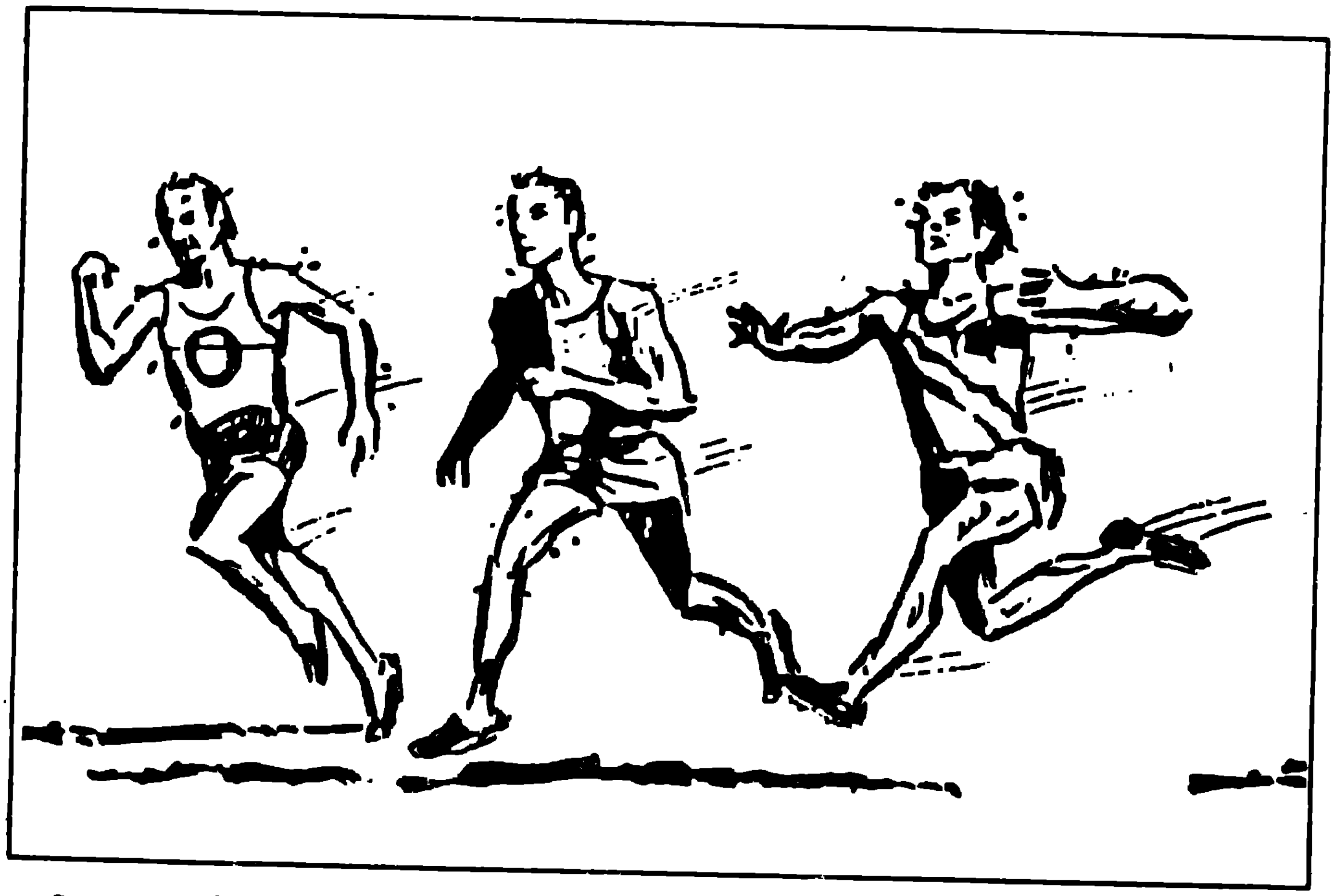
आदिम वातावरण में पेप्टाइडों ने जीवन के उद्भव में महत्वपूर्ण भूमिका निभायी होगी। पेप्टाइड अमीनो अम्लों से बने होते हैं और उनमें स्वप्रतिकृति बनाने की क्षमता होती है। हाल ही में प्रयोगों द्वारा इस बात की पुष्टि हुई है कि कुछ पेप्टाइड अपने सदृश प्रतियां बना सकने में सक्षम होते हैं। प्रयोगशाला परिस्थितियों में कुछ प्रोटीनों ने अपने जैसे प्रोटीन की सैकड़ों प्रतियां तैयार कीं। इससे इस विचारधारा को बल मिला।

10

जल, तापमान और जीवन

धरती पर मौजूद जीवन के लिए आवश्यक यौगिकों में पानी सबसे अधिक सर्वव्यापी है। हमारी कोशिकाओं में पाये जाने वाले जीवद्रव्य का 60-70 प्रतिशत भाग पानी होता है। जीवद्रव्य ही जीवन का आधार है। जैसा कि हम जानते हैं, सबसे पहले जीवन का आगमन जल में ही हुआ और वह करोड़ों वर्षों तक पानी में ही फला-फूला। स्थल पर जीवन काफी बाद में आया। अधिकांश जैविक अणु तथा जीवन के अन्य आवश्यक घटक पानी में घुलनशील होते हैं तथा आसानी से पानी द्वारा एक स्थान से दूसरे स्थान तक ले जाये जाते हैं। जीवकोशिकाएं पानी के कारण ही अपनी आकृति तथा आकार बनाये रखती हैं। वे एक अघुलनशील आवरण से घिरी रहती हैं। पानी का व्यवहार अलग-अलग परिस्थितियों में अलग-अलग होता है। व्यक्ति को इस बात का अनुभव तब अच्छी तरह होगा जब कभी उसका बर्फीले तूफान से पाला पड़ेगा। बर्फ के कारण उंगलियों की त्वचा फट जाती है क्योंकि पानी के बर्फ बनने से उसका आयतन बढ़ता है जिससे त्वचा की कोशिकाएं दबाव पड़ने से फट जाती हैं। कभी-कभी तो इससे इतनी क्षति हो जाती है कि प्रभावित अंग को ही काटने की नौबत आ जाती है क्योंकि उससे पूरे शरीर में संक्रमण फैल जाने का अंदेशा रहता है। सियाचिन तथा कारगिल जैसी ऊंची पहाड़ियों पर तैनात भारतीय सेना के लिए यह आम अनुभव की बात है। ये जगहें समुद्र तल से पांच हजार से छह हजार मीटर की ऊंचाई पर हैं और यहां साल भर तापमान शून्य के नीचे रहता है। कभी-कभी यह शून्य से भी पचास डिग्री सेल्सियस तक नीचे चला जाता है।

जीवधारियों के लिए यह सौभाग्य की बात है कि पानी सामान्य ताप पर द्रव अवस्था में पाया जाता है तथा शून्य से लेकर सौ डिग्री सेल्सियस तक यह द्रव ही रहता है। साथ ही दूसरी विशेष बात यह है कि पानी की विशिष्ट ऊष्मा बहुत अधिक होती है। जलीय जीवों के लिए यह वास्तव में वरदान ही है। मैराथन धावक या धूप में खेतों में काम करने वाले किसान को पसीना बहने से राहत मिलती है। यदि पसीने के रूप में शरीर की गर्मी बाहर न निकले तो मांसपेशियों द्वारा उत्पन्न ऊष्मा से शरीर का तापमान बढ़कर खतरनाक सीमा तक पहुंच सकता



चित्र 53 : मैराथन धावक को पसीना गरमी से राहत दिलाता है और उसके शरीर का तापमान एक हद से ज्यादा नहीं बढ़ता। शुक्र है पानी के वाष्पन की ऊष्मा ज्यादा होती है।

है। ऐसे में जान का भी संकट हो सकता है। लेकिन पसीने द्वारा ऊष्मा शरीर से बाहर निकल जाती है और ऐसी नौबत नहीं आने पाती। पसीने का वाष्पन होने से वाष्प के साथ ढेर सारी ऊष्मा शरीर के बाहर चली जाती है जिससे शरीर का तापमान नियंत्रित रहता है।

कई जानवरों में, जिनमें पसीने की ग्रंथियां नहीं पायी जातीं, उनमें ऊष्मा त्याग के अन्य तरीके होते हैं जिससे तापनियंत्रण बना रहे। एक आम उदाहरण कुत्ते का लिया जा सकता है। कुत्ता शरीर की ऊष्मा अपनी जीभ द्वारा त्यागता है। वह जीभ निकालकर हांफता है। हांफने से जीभ की सतह से पानी का वाष्पन होता है और कुत्ते को ठंडक मिलती है। इस तरह के ताप नियंत्रण में हाइड्रोजन बंधों की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। हाइड्रोजन बंधों को तोड़ने के लिए ऊर्जा की आवश्यकता होती है और यह ऊर्जा पानी से ली जाती है। इस तरह ऊर्जा में कमी के कारण तापमान में गिरावट आती है और ठंडक का अनुभव होता है।

जलवाष्प यानी ग्रीन हाउस गैस

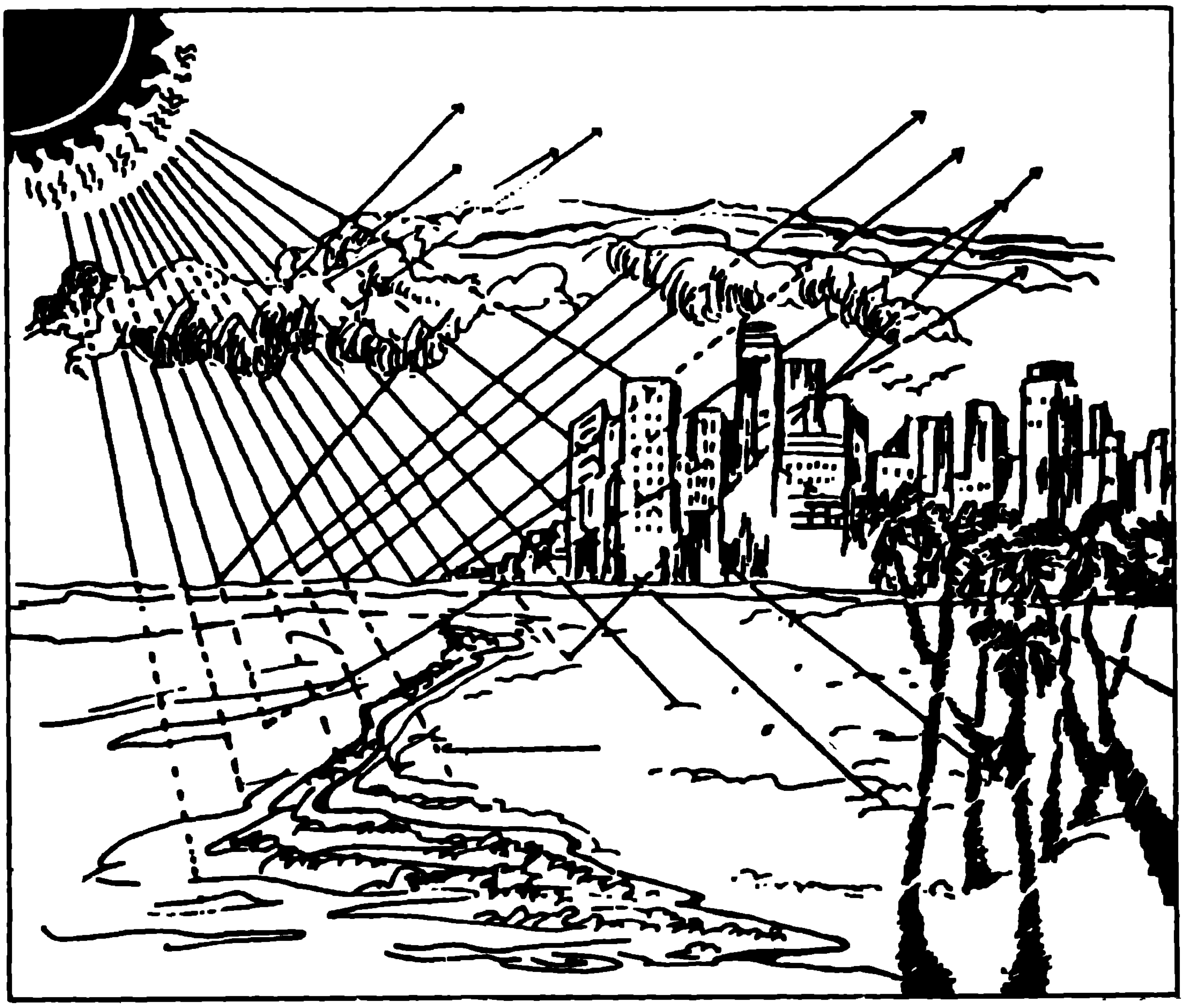
पृथ्वी और चंद्रमा सूर्य से लगभग बराबर दूरी पर हैं। दोनों की सतह पर सूर्य से प्रति वर्गमीटर समान विकिरण आता है फिर भी धरती का औसत तापमान 15° से. है, जबकि चंद्रमा का औसत तापमान–18° से. है। इसका कारण यह है कि धरती पर वायुमंडल है जबकि चंद्रमा पर कोई वायुमंडल नहीं है। चंद्रमा की धरती हवा-पानी

रहित वीरान-सी है। धरती के चारों ओर मौजूद वायुमंडल आने वाले विकिरण को अवशोषित कर लेता है और वाह्य अंतरिक्ष में पूरी तरह वापस नहीं लौटने देता।

धरती पर सौर विकिरण के रूप में आने वाली ऊर्जा में अवरक्त एवं दृश्य किरणें होती हैं। अवरक्त विकिरण ऊष्मीय विकिरण होते हैं और ये ही धरती को गर्म रखने के लिए उत्तरदायी हैं। धरती पर आने वाले विकिरण में से लगभग 19 प्रतिशत वातावरण द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है। लगभग 34 प्रतिशत विकिरण धरती से बाहर परावर्तित कर दिया जाता है। पृथ्वी की इस परावर्तकता को श्विति (Albedo) कहते हैं। पृथ्वी के लिए श्विति का मान 0.34 होता है। बाकी 47 प्रतिशत सौर विकिरण पृथ्वी द्वारा अवशोषित कर लिया जाता है और ऊष्मा में बदल जाता है। महासागरों में पानी की ऊपरी कुछ सेंटीमीटर परत ऊष्मीय विकिरण को अवशोषित करती है। समुद्र में पानी की पहली एक मीटर मोटी परत लगभग 60 प्रतिशत दृश्य विकिरण को सोख़ लेती है। दस मीटर की गहराई तक जाते-जाते लगभग 80 प्रतिशत प्रकाश सोख लिया जाता है। छोटी तरंगदैर्घ्य की किरणें गहराई में 140 मीटर अंदर तक जाती हैं। विकिरण से गर्मी को अवशोषित करके धरती उसे पुनः अवरक्त विकिरण के रूप में बाहर अंतरिक्ष में वापस कर देती है। यह विकिरण हमारे वायुमंडल से पूरी तरह बाहर नहीं जा पाता क्योंकि वातावरण में उपस्थित गैसें



चित्र 54 : कुत्ता गर्मी से राहत पाने के लिए अपनी जीभ का इस्तेमाल करता है।



चित्र 55 : सौर विकिरण की नियति।

इसे अवशोषित कर लेती हैं। इस तरह से वातावरण का तापमान बढ़ता है। इसे ही ग्रीनहाउस प्रभाव कहते हैं। धरती का ताप बढ़ने को विश्वव्यापी तापवृद्धि या ग्लोबल वार्मिंग कहते हैं।

कार्बन डाइआक्साइड को प्रायः धरती के तापमान में वृद्धि के लिए जिम्मेदार माना जाता है। लेकिन हाल के वर्षों में हुए अनुसंधान से कुछ वैज्ञानिक इस नतीजे पर पहुंचे हैं कि जलवाष्प उतना अहानिकारक नहीं है जितना उसे पहले माना जाता था। वास्तव में धरती के वायुमंडल में अत्यल्प मात्रा में मौजूद कार्बन डाइआक्साइड एवं मीथेन जैसी ग्रीनहाउस गैसों की तरह ही जलवाष्प भी ग्रीनहाउस प्रभाव के लिए जिम्मेदार है। जलवाष्प जब द्रव में संघनित होता है तो इस दौरान मुक्त होने वाली संघनन की गुप्त ऊष्मा वातावरण में गरमी बढ़ाती है। इस तरह जलवाष्प भी धरती के तापमान को बढ़ाता है। अनेक पर्यावरण वैज्ञानिकों का मानना है कि ग्रीनहाउस प्रभाव से ध्रुवों पर मौजूद विशाल बर्फराशि पिघल कर महासागरों में आयेगी जिससे महासागरों का जलस्तर बढ़ेगा। यदि वास्तव में ऐसा हुआ तो समुद्र के किनारे स्थित निचले स्थान तथा खाड़ी के इलाके पानी में डूब जायेंगे। ऐसा अनुमान है कि इस समय समुद्र का जलस्तर डेढ़ मिलीमीटर प्रति वर्ष की दर से बढ़ रहा है।



चित्र 56 : हरित गृह (ग्रीन हाउस)।

आप में से अनेक लोगों ने वानस्पतिक उद्यानों, चिड़ियाघरों एवं विश्वविद्यालयों एवं कालेजों के वनस्पतिविज्ञान विभागों में कांच के बने ग्रीनहाउस देखे होंगे। वहां उनमें कुछ तरह के पौधे उगाये जाते हैं। ग्रीनहाउस में भीतर का तापमान बाहर के तापमान से अधिक होता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि सौर विकिरण एक बार अंदर प्रवेश कर जाने के बाद आसानी से बाहर नहीं निकल पाता जिससे भीतर का तापमान अधिक हो जाता है। तापमान नियंत्रण के लिए इसमें खिड़कियां लगी होती हैं जिन्हें जरूरत के अनुसार खोला या बंद किया जा सकता है। कुछ पौधे ऐसे होते हैं जो गर्म जलवायु पसंद करते हैं और ऐसे वातावरण में अच्छी तरह बढ़ते हैं। ऐसे

पौधों के लिए ग्रीनहाउस एक उत्तम जगह है। यह ठंडे देशों के लिए बहुत उपयोगी है जहां तापमान कम होता है।

भूमंडलीय तापवृद्धि के खतरे

अंतर्राष्ट्रीय पर्यावरण संस्था *ग्रीन पीस* का दावा है कि दक्षिणी ध्रुव में जमी हुई बर्फ का एक बड़ा हिस्सा टूटने के कगार पर है। संस्था ने चेतावनी दी है कि लार्सन-बी नाम से ज्ञात दक्षिणी ध्रुव प्रायद्वीप के पूर्वी हिस्से में दरार पड़ गयी है और वह टूटने ही वाला है। कुछ वर्ष पूर्व लोगों का ध्यान इस ओर तब गया था जब 1300 वर्ग किलोमीटर आकार का लार्सन-ए नामक उत्तरी हिस्सा टूटकर अलग हो गया था। उस समय यह विशाल हिमखंड हजारों टुकड़ों में खंडित हो गया था तथा तीन हफ्तों तक समुद्र में तैरता रहा। *ग्रीन पीस* को डर है कि यदि धरती का तापमान इसी तरह बढ़ता रहा तो देर-सवेर दक्षिणी ध्रुव स्थित इस हिमखंड का टूटना भी तय है। लेकिन हेल्मुट रोथ इस संभावना से इंकार करते हैं। वे कई सालों से इस क्षेत्र का अध्ययन करते रहे हैं। उनका कहना है कि वहां दरार तो सन् 1994 से ही मौजूद है, लेकिन बर्फ में कोई गति नहीं देखी गयी है जिससे लगे कि खतरा आसन्न है क्योंकि टूटने के पहले इस तरह की गति को घटना का एक पूर्व संकेत माना जाता है। उनकी बात सही भी हो सकती है, लेकिन इस बात से तो शायद ही कोई इंकार करे कि धरती का तापमान लगातार बढ़ रहा है और इससे उत्पन्न खतरे की अनदेखी नहीं की जा सकती। यदि समय रहते इस स्थिति के निराकरण के कदम नहीं उठाये गये तो समुद्री जलस्तर में बढ़ोत्तरी से होने वाले विनाश तथा कई द्वीपों और निचले स्थलों को समुद्र में डूब जाने से कोई नहीं रोक सकेगा।

11

पानी तथा ब्रह्मांड में अन्यत्र जीवन की तलाश

कहते हैं, जहां जल है वहां जीवन है। खगोल जीवविज्ञानियों के लिए यह वाक्य एक मंत्र की तरह है। उनका कहना है कि धरती पर नितांत कठिन परिस्थितियों में भी जीवन पाया जाता है। कंपा देने वाली ठंडी हो या फिर जला देने वाली गरमी हो, हर स्थिति में जीवन मिलता है। उन सभी स्थितियों में जहां पानी द्रव अवस्था में मिलता है, वहां जीवन अपना मार्ग बना ही लेता है। यह बात जितनी धरती के लिए सच है उतनी ही वाह्य अंतरिक्ष के लिए भी लागू होती है। जीवन हर तरह से जल पर ही निर्भर है। इसलिए यदि अन्यत्र जीवन को तलाशना हो तो सबसे पहले वहां पानी खोजते हैं। जीवन से पानी का गजब का रिश्ता है। परिभाषा के तौर पर यह कुछ उसी तरह है कि 'पानी में जीवन है, पानी से जीवन है तथा पानी का ही जीवन है'। ब्रह्मांड में अन्यत्र जीवन की तलाश वास्तव में पहले पानी की तलाश से ही प्रारंभ होती है। जीवन को जिन चीजों की जरूरत होती है वे केवल पानी में ही मिलती हैं। पानी में ही वे गुण पाये जाते हैं जो जीवन की उत्पत्ति एवं विकास में सहायक होते हैं। धरती पर जीवन के प्रादुर्भाव में पानी की भूमिका से यह बात स्पष्ट है। सौर परिवार के दूसरे ग्रहों पर मनुष्य द्वारा भेजे गये सभी अंतरिक्ष अभियानों में यह प्रयास रहा है कि हम धरती के बाहर पानी की उपस्थिति का पता लगायें। अपनी आकाशगंगा या फिर दूसरी आकाशगंगाओं में जीवों की खोज में हम पहले यही देखते हैं कि क्या कहीं से पानी के संकेत मिल रहे हैं। यदि हमें किसी पिंड से ऐसे संकेत मिल रहे हैं तो ही हम वहां जीवन होने की कल्पना कर सकते हैं।

मनुष्य अपनी सभ्यता के आदि काल से ही यह जानने के लिए बड़ा जिज्ञासु रहा है कि क्या इस विराट ब्रह्मांड में वह अकेला है या कोई अन्य प्राणी भी कहीं मौजूद है। हमारे पौराणिक साहित्य में तमाम ऐसी कहानियां हैं जिनमें दूसरी सभ्यताओं एवं संस्कृतियों का उल्लेख है। धार्मिक पुस्तकों में बहुत सारी बातों का उल्लेख है जिनमें कहा गया है कि मानव सभ्यता के अलावा दूसरी सभ्यताएं भी अस्तित्व में हैं। इतना ही नहीं बल्कि इन सभ्यताओं के बीच पारस्परिक संबंधों का भी उल्लेख मिलता है। भारत ही नहीं, बल्कि लगभग दुनिया की हर सभ्यता में ऐसी पौराणिक

कहानियां मिलती हैं। हिंदू पौराणिक कथाओं में अनेक लोकों की कल्पना है, जैसे मृत्युलोक, किन्नरलोक, नागलोक, गंधर्वलोक, देवलोक, असुरलोक, स्वर्गलोक, इत्यादि। ऐसी मान्यता है कि इनमें अलग-अलग तरह के जीव रहते हैं। रोमन सभ्यता में एक पौराणिक कथा है कि एक समय मंगल ग्रह पर सभ्यता मौजूद थी और वहां रहने वाले हरे रंग के होते थे। कथा के अनुसार एक बार धरती और मंगल ग्रह के निवासियों के बीच भीषण युद्ध हुआ। दादी-मां द्वारा सुनाई जाने वाली परियों की कहानियों से भी एक तरह का चित्र उभरता है जिसके अनुसार धरती के बाहर भी जीवन है तथा हम अकेले नहीं हैं। बुनियादी शिक्षा के पाठ्यक्रमों में भी ऐसी कई कहानियां होती हैं जो एक तरह से दादी-मां की बातों की पुष्टि करती हैं। अठारह पुराणों में ऐसी कहानियों की भरमार है। आज के वैज्ञानिक युग में वे अतिरंजना ही प्रतीत होती हैं क्योंकि वास्तविकता की पृष्ठभूमि से वे मीलों दूर लगती हैं। संचार तकनीकी के युग में जब टेलीविजन की पहुंच लगभग हर घर में होती जा रही है, वहां प्रसारित होने वाले रामायण, महाभारत जैसे धारावाहिक पौराणिकता के पैरोकार लगते हैं। ऋषि नारद के बारे में कहा जाता है कि वे दिव्य शक्तियों से युक्त थे तथा जब जहां चाहते थे, क्षण-भर में वहां पहुंच जाते थे। वे विभिन्न लोकों का भ्रमण करते रहते थे तथा हर जगह का हालचाल सृष्टि के रचयिता ब्रह्मा को पहुंचाते रहते थे। इस तरह से अन्यत्र जीवन की संभावना के बीज बचपन से बो दिये जाते हैं। अन्यत्र जीवन होने का प्रश्न एक आम आदमी के मन को ही नहीं कुरेदता, बल्कि वैज्ञानिक भी इस सवाल से उतने ही रू-ब-रू होते हैं। अमेरिकी अंतरिक्ष संस्था, नासा द्वारा भेजा गया अंतरिक्षयान मार्स पाथफाइंडर इसी क्रम में एक प्रयास था जो पानी और संभावित जीवन की खोज में 4 जुलाई, 1997 को मंगल ग्रह पर उतरा था।

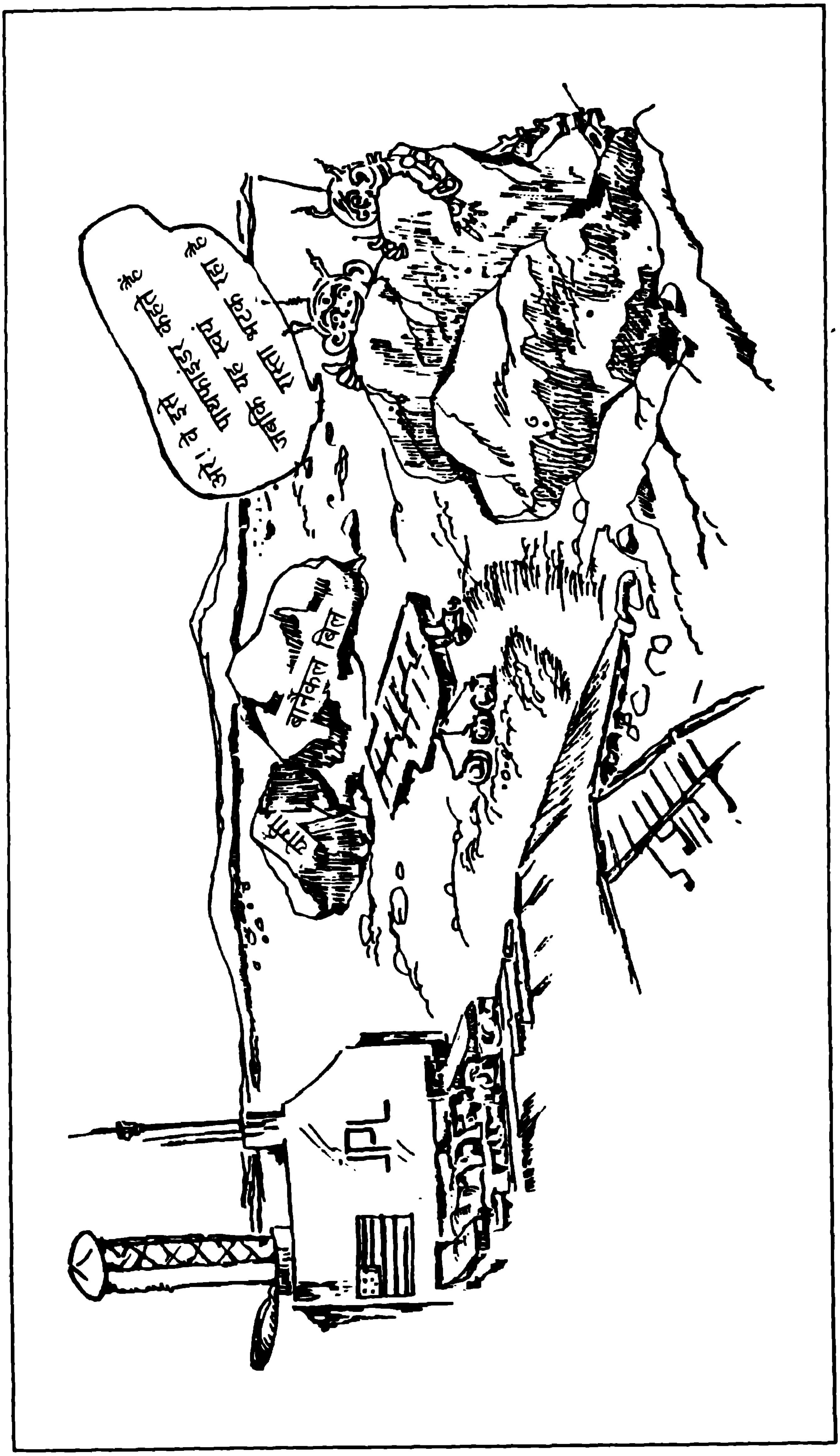
मार्स पाथफाइंडर

मार्स पाथफाइंडर एक मानवविहीन अंतरिक्षयान था जिसे अमेरिकी संस्था 'नासा' ने दिसंबर 1996 में छोड़ा था। यह वाह्य अंतरिक्ष में जीवन की खोज की दिशा में एक प्रयास था। करीब छह महीने की अनवरत यात्रा और करीब पचास करोड़ किलोमीटर की दूरी तय करने के बाद 4 जुलाई, 1997 को यह यान सफलतापूर्वक मंगल की धरती पर उतरा। अंतरिक्ष विज्ञान के इतिहास में इस सफल अभियान को 21 जुलाई, 1969 को मानव के चंद्रतल पर कदम रखने के बाद की सबसे बड़ी घटना माना गया। यह भी एक संयोग ही था कि इस अभियान के समय अमेरिका में हॉलीवुड की ऐसी फिल्मों की धूम मची थी जिनमें अजनबियों द्वारा अंतरिक्ष से पृथ्वी पर आक्रमण किये जाने का उल्लेख था। उसी तरह वहां ऐसी किताबों की भी रिकार्ड बिक्री हो रही थी जिनमें ऐसी ही मिलती-जुलती बातों का उल्लेख था। *मार्स अटैक्स, इंडेपेंडेंस डे, कॉन्टैक्ट, मेन इन ब्लैक* जैसी हॉलीवुड फिल्मों ने पूरे जनमानस को अपने



चित्र 57 : किसी अजनबी सभ्यता से आने वाले संभावित रेडियो संकेतों की खोज में जुटे वैज्ञानिक।

आगोश में ले रखा था। इनकी कहानियों में धरती से बाहर के लोगों के साथ संपर्क या उनके आक्रमण को लेकर ताना-बाना बुना गया था। चार जुलाई के दिन जब पाथफाइंडर मंगल ग्रह की धरती पर उतरा वह अमेरिका की आजादी का दिन था। यह अमरीकी वैज्ञानिकों का वहां की जनता के लिए एक उपहार था। इस अभियान के फ्लाइट सिस्टम मैनेजर ब्रायन म्यूरहेड ने अभियान की सफलता पर अपनी प्रसन्नता व्यक्त करते हुए कहा था कि यह सफलता अभियान से जुड़े सभी लोगों के लिए गर्व और निर्वाण का दिन है। नासा के एक उत्साहित वैज्ञानिक की टिप्पणी



चित्र 58 : अरे! वे इसे पाथफाइंडर कहते हैं जबकि यह स्वयं रास्ता भटक रहा है।

थी—"विज्ञान की कल्पना साकार हो गयी।" मार्स पाथफाइंडर के साथ 21 किलोग्राम भार की माइक्रोवेव ओवन के आकार की सोजर्नर नामक बग्घी भेजी गयी थी। सोजर्नर का नियंत्रण धरती से होता था। यहां से वहां किसी संकेत को पहुंचने में लगभग 11 मिनट का समय लगता था। इसमें छह पहिये लगे थे और यह अभी तक भेजा गया कोई भी पहला मोबाइल रोबोट था। सोजर्नर ने मंगल की धरती पर घूम-घूमकर सैकड़ों चित्र लिये। ये चित्र त्रिआयामी थे। मंगल की मिट्टी और चट्टानों की संरचना का अध्ययन करने के लिए सोजर्नर में *अल्फा प्रोटान एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर* भी लगा था।

विशेष त्रिआयामी कैमरे से लिये गये मंगल के चित्र सचमुच विस्मयकारी थे। चित्रों से एक बात ज्ञात हुई कि लगभग एक अरब वर्ष पहले मंगल की निर्जन और बियाबान भूमि पर विपुल जलराशि प्रवाहित होती थी। मिशन से जुड़े **माइकेल मैलिन** के शब्दों में—"यह जलराशि विशाल थी।" उनके अनुसार मंगल पर प्रवाहित जलराशि भूमध्यसागर की तलहटी को भर सकती थी। मंगल की धरती के चित्रों में पत्थर के टुकड़े एक ओर झुके हुए दिखाई दे रहे थे तथा जलप्रवाह के चिह्न बिल्कुल स्पष्ट थे। मंगल की धरती पर एक समय खूब पानी मौजूद था यह ज्ञात होना महत्वपूर्ण है क्योंकि जल जीवन के लिए आवश्यक है। वैज्ञानिकों का विश्वास है कि मंगल की धरती पर एक समय सैकड़ों किलोमीटर चौड़ाई में नदी का पानी कलकल-छलछल की ध्वनि करता हुआ प्रवाहित होता था। नदी की तलहटी के चिह्न चित्रों में साफ दिखाई दे रहे थे। यह सौर परिवार में पृथ्वी के अतिरिक्त किसी अन्य ग्रह पर पानी के मौजूद होने का पहला प्रत्यक्ष प्रमाण है।

इस अभियान से कई बातों का खुलासा हुआ है। पहली बात यह है कि मंगल ग्रह संरचना में पृथ्वी के अधिक निकट है। पृथ्वी की बनावट स्वयं उसके अपने उपग्रह चंद्रमा की बनावट से भी उतना मेल नहीं खाती। चट्टानों एवं मिट्टी की संरचना की जांच के नतीजों से वैज्ञानिक वास्तव में हैरत में हैं। इस अभियान से जो दूसरी बात स्पष्ट हुई वह यह है कि 1994 में दक्षिणी ध्रुव के एलेन पहाड़ी क्षेत्र में मिला उल्का पिंड (ALH-84001) वास्तव में मंगल ग्रह से ही आया था क्योंकि दोनों का रासायनिक संघटन समान है। अनुमान है कि यदि मंगल पर कभी स्थायी तौर पर पानी रहा होगा तो वहां जीवन जरूर रहा होगा। तमाम आलोचनाओं एवं आशंकाओं के बावजूद कुछ वैज्ञानिक इस बारे में बहुत आशावादी हैं कि एक दिन वे इस बात के प्रमाण जरूर पा लेंगे और तब वे पूरे दावे से कह सकेंगे कि विगत में मंगल पर जीवन था।

इसी आशा में नासा ने पाथफाइंडर के बाद कई अन्य अभियान मंगल की ओर भेजे हैं तथा भविष्य में भी उसकी कई अन्य यान भेजने की योजना है। उसके द्वारा भेजा गया मार्स क्लाइमेट ऑर्बिटर सितंबर 1999 में अपने अभिनय में असफल

रहा और किसी तकनीकी खराबी का शिकार हो गया। उसके बाद मंगल की ओर भेजा गया इस सदी का अंतिम यान मार्स पोलर लैंडर भी अपने अभियान में असफल रहा। नासा के लिए यह दूसरा बड़ा झटका था। 3 दिसंबर, 1999 को मंगल ग्रह के धरातल पर उतरते समय इस यान का नियंत्रण कक्ष से संपर्क टूट गया। बाद में उससे संपर्क करने के सारे प्रयास व्यर्थ साबित हुए। अभियान से जुड़े वैज्ञानिकों का कहना है कि यान संभवतः अनियंत्रित होकर मंगल के धरातल पर टकराकर दुर्घटनाग्रस्त हो गया। इस आघात से उसके यंत्रों ने काम करना बंद कर दिया।

चांद पर पानी की तलाश में लूनर प्रॉस्पेक्टर

लूनर प्रॉस्पेक्टर चांद पर भेजा गया एक मानवविहीन यान था। यह यान 6 जनवरी, 1998 को अमेरिकी अंतरिक्ष संस्था, नासा द्वारा भेजा गया था। इस अभियान का मुख्य उद्देश्य यह पता लगाना था कि क्या चंद्रमा पर पानी है। चंद्रमा सदा से ही मानव जिज्ञासा का केंद्र रहा है। यह हमारे निकट भी है, इसलिए इसके बारे में जानना अपेक्षाकृत सरल है। 21 जुलाई, 1969 को सबसे पहले अमेरिकी अंतरिक्ष यान अपोलो-11 चंद्रमा पर उतरा था। मानव की यशोगाथा में एक बड़ी उपलब्धि तब दर्ज हुई जब सबसे पहले नील आर्मस्ट्रांग ने चंद्रतल पर कदम रखे। उन्होंने पाया कि चंद्रमा की धरती ऊबड़-खाबड़ है। उल्काओं के टकराने से वहां तमाम गड्ढे हो गये हैं। ऊंचे-ऊंचे ज्वालामुखी पहाड़ वहां मौजूद हैं। लेकिन हवा-पानी वहां नहीं है। इस खोज के बाद वैज्ञानिकों को निराशा हुई क्योंकि उन्होंने भविष्य में वहां मानव बस्तियां बसाने के सपने संजो रखे थे।

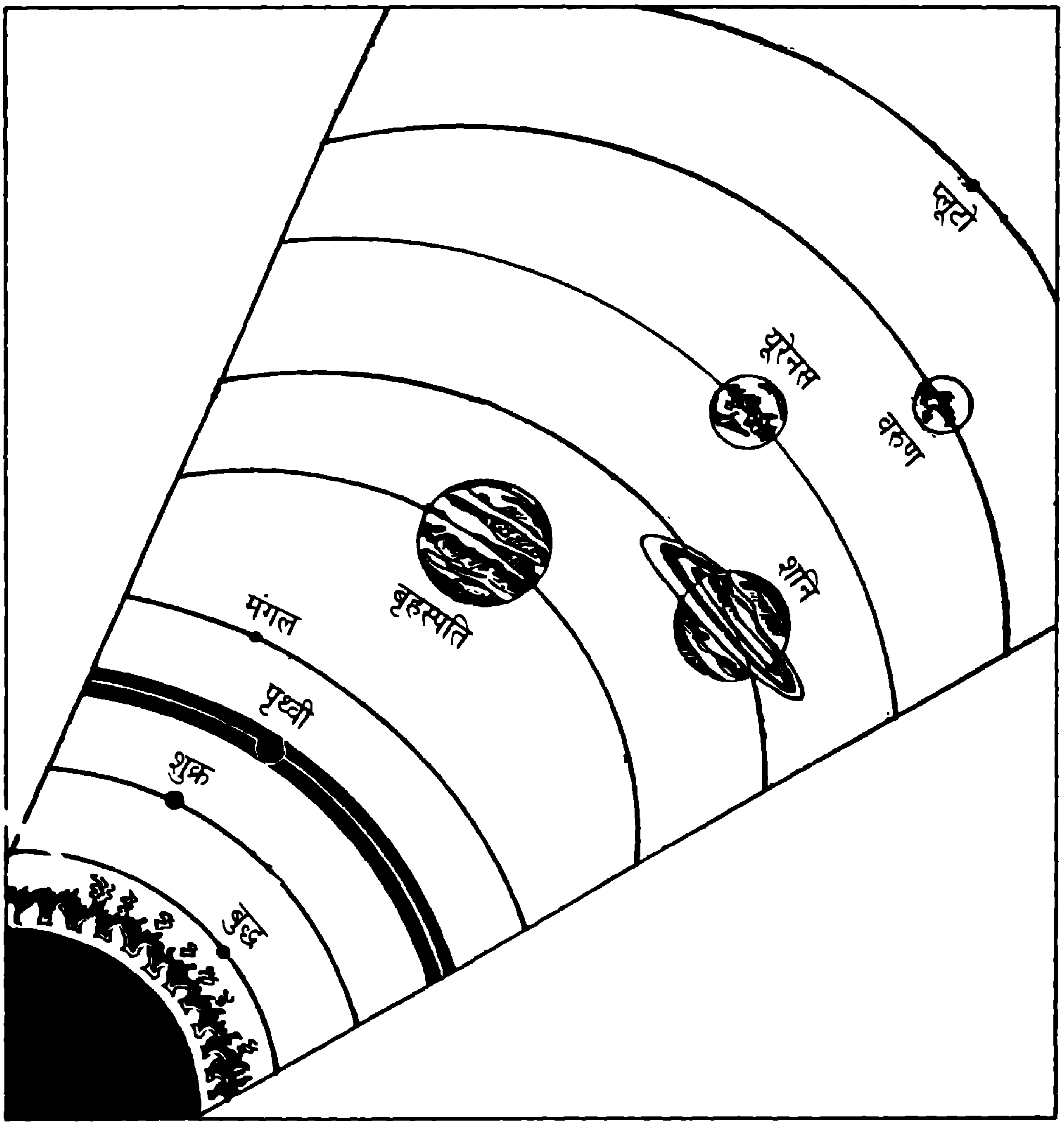
लेकिन सन् 1994 में अमेरिका के एक टोही उपग्रह से इस बात के संकेत मिले कि चंद्रमा पर सूर्य से परे वाली सतह में यानी ध्रुवों पर पानी बर्फ के रूप में मौजूद है। वैज्ञानिकों का अनुमान है कि चंद्रमा पर मौजूद ज्वालामुखी-विवरों में पानी बर्फ के रूप में मौजूद है। विगत में धूमकेतुओं के निरंतर टकराने से वहां बर्फ संचित है। ध्यान रहे कि धूमकेतु मुख्यतः बर्फ एवं धूल के बने होते हैं। चंद्रमा का आधा हिस्सा हमेशा सूर्य से दूर घनघोर अंधकार में डूबा रहता है। इसलिए वहां तापमान हमेशा शून्य डिग्री सेल्सियस से नीचे रहता है और यही कारण है कि वहां पानी हमेशा बर्फ के रूप में बिना पिघले मौजूद है। चूंकि चंद्रमा पर वायुमंडल नहीं है इसलिए वहां कोई वस्तु द्रव अवस्था में नहीं रह सकती। अतः पानी भी वहां तत्काल वाष्प में बदल जायेगा, और वाष्प वहां टिक नहीं सकती। इस परिकल्पना के बाद चंद्रमा की ओर अनुसंधानकर्ताओं का ध्यान फिर से गया है। इसी क्रम में नासा द्वारा लूनर प्रॉस्पेक्टर छोड़ा गया जिसने 11 जनवरी 1998 को चंद्रमा की कक्षा में प्रवेश किया और सतह से सौ किलोमीटर की ऊंचाई से उसकी परिक्रमा करना शुरू किया। इस अभियान से जुड़े वैज्ञानिकों को भरोसा था कि वे दक्षिणी ध्रुव पर पानी

होने के संकेत पा सकेंगे। प्रारंभिक अध्ययन के दौरान न्यूट्रान विवर्तन से पानी की मौजूदगी के संकेत मिले थे और अभियान से जुड़े वैज्ञानिक इससे बहुत आशान्वित हुए थे। लेकिन अभियान का अंत नितांत निराशाजनक रहा। लूनर प्रॉस्पेक्टर लगभग अठारह महीने तक चंद्रमा की कक्षा में परिक्रमा करता रहा। नासा ने योजना बनायी थी कि इस अभियान के अंत में यान को चंद्रतल पर गिराकर इस बात का अध्ययन किया जायेगा कि क्या वहां पानी है। इसी योजना के अनुसार 31 जुलाई, 1999 को प्रॉस्पेक्टर को पूर्वनिर्धारित कार्यक्रम के अनुसार दक्षिणी ध्रुव पर गिराया गया। टकराने से पैदा हुई धूल का अंतरिक्ष में मौजूद हब्बल दूरबीन द्वारा अध्ययन किया गया। लेकिन इस अध्ययन से वहां पानी होने का कोई संकेत नहीं मिल सका। हालांकि इस बात से वैज्ञानिकों को निराशा जरूर हुई है, लेकिन वे चंद्रतल पर पानी की मौजूदगी के प्रति अभी भी आशांवित हैं।

लूनर प्रॉस्पेक्टर के निराशाजनक संकेतों के बावजूद शोधकर्ताओं ने आशा नहीं छोड़ी है। उन्होंने भविष्य में और अभियान भेजने की योजना बनाई है जिससे यह सही-सही पता चल सके कि क्या सचमुच वहां पानी है। वहां पानी का मिलना मानव के लिए बहुत सहायक सिद्ध होगा क्योंकि सुदूर अंतरिक्ष की यात्रा के लिए उन्हें एक आधार शिविर मिल जायेगा जहां से वे पानी और अंतरिक्ष यान के लिए ईंधन पा सकेंगे। पानी के वैद्युत अपघटन से हाइड्रोजन और आक्सीजन प्राप्त किये जा सकेंगे। शुरुआती संकेतों से तो जापान की एक कंपनी इतना उत्साहित थी कि उसने चंद्रमा पर एक होटल खोलने की योजना को अंतिम रूप दे दिया था। उसकी योजना थी कि सन् 2010 तक चंद्रमा को एक पिकनिक स्थल में बदल दिया जाये। मजे की बात तो यह की इसकी बाकायदा बुकिंग भी शुरू हो चुकी थी। लेकिन अंतिम नतीजों से सारे किये-कराये पर फिलहाल पानी फिर गया। हालांकि कुछ लोगों को यह योजना हवाई किले जैसी ही लग सकती है, लेकिन यदि चांद पर पानी मिल जाता है तो यह साकार भी हो सकती है।

अन्य उपग्रहों पर जीवन की खोज

हमारे सौरमंडल में धरती के उपग्रह चंद्रमा के अतिरिक्त अन्य ग्रहों के चंद्रमाओं पर भी जीवन होने की अच्छी संभावना है। अब तक हमारे सौरमंडल के खोजे गये उपग्रहों की कुल संख्या 53 है। वृहस्पति एवं शनि हमारे सौरमंडल के दो सबसे बड़े ग्रह हैं और अधिकतर उपग्रह इन्हीं के हिस्से में आते हैं। शनि के पास सबसे अधिक अर्थात कुल 23 चंद्रमा हैं। पिछले कई वर्षों से वृहस्पति के चंद्रमा यूरोपा पर शोधकर्ताओं की निगाह लगी है। यूरोपा वृहस्पति का दूसरा उपग्रह है। इस बात की काफी संभावना है कि वहां जीवन विद्यमान है। अब तक की खोज से पता चला है कि वहां की सतह जमी हुई है और सतह के नीचे जमे हुए पानी का महासागर



चित्र 59 : सौरमंडल में निवास योग्य क्षेत्र।

मौजूद है। इस बात की भी पूरी संभावना है कि वहां सघन वायुमंडल भी है और वहां की परिस्थितियां पृथ्वी से मिलती-जुलती हैं।

प्रश्न यह उठता है कि आखिर पृथ्वी ही ऐसी जगह क्यों है जहां जीवन है? इसका एक अहम् उत्तर यह है कि क्योंकि यहां पानी मौजूद है। हाल ही में हुई खोजों से यह बात सामने आयी है कि किसी तारे से दूरी के अनुसार एक ऐसा क्षेत्र होता है जहां जीवन पाया जा सकता है। वह इसलिये क्योंकि तारे से उसकी दूरी उस सीमा में आती है जहां पानी द्रव अवस्था में पाया जा सकता है। दूरी के अनुसार एक अत्यल्प सीमा में ही पानी अपने तीनों रूपों में रह सकता है और पृथ्वी इस दायरे में फिट बैठती है। बुध पर सूर्य के सामने वाले भाग पर प्रचंड गरमी पड़ती है और तापमान 410° से. तक पहुंच जाता है। यानी यहां कांच भी पिघल जायेगा।

इसके विपरीत अंधेरे वाले हिस्से में तापमान -174° से. तक नीचे चला जाता है। इसलिए यदि यहां पानी होगा भी तो वह ठंडे वाले भाग में गड्ढों में बर्फ के रूप में होगा। यहां द्रवजल या जलवाष्प नहीं हो सकती। चूंकि बुध का द्रव्यमान कम है इसलिए उसका गुरुत्वीय आकर्षण भी काफी कम है। ऐसे में द्रवजल या जलवाष्प यहां टिक ही नहीं सकता क्योंकि पानी के अणु वहां से पलायन कर जायेंगे। सौरमंडल में मंगल से लेकर दूर-दूर तक किसी भी पिंड पर यदि कहीं पानी होगा भी तो वह बर्फ के रूप में होगा क्योंकि जो हिस्से धूप में नहाये भी होंगे, उनका भी तापमान–180° से. से नीचे ही होगा। वृहस्पति हमारे सौरमंडल में एक अपवाद है क्योंकि यह एक बड़ा ग्रह है। वैज्ञानिकों का कहना है कि इसमें तारे के कई गुण हैं और किन्हीं कारणों से यह तारा बनते-बनते रह गया। उनका कहना है कि इसके उपग्रहों में कई ऐसे हो सकते हैं जो पृथ्वी से मिलते-जुलते हो और इस बात की प्रबल संभावना है कि वहां पानी द्रव अवस्था में हो। यूरोपा और गैनीमीड वृहस्पति के दो ऐसे चंद्रमा हैं जहां जीवन होने की संभावना है।

हिमांक से नीचे के तापमान पर हम केवल सूक्ष्मजीवों और फफूंदियों तथा कुछ प्रकार की पंक की उपस्थिति की आशा कर सकते हैं। पृथ्वी पर जीवन का प्रादुर्भाव एवं उसका अनेकानेक रूपों में विकास दरअसल पृथ्वी के इतिहास और उसकी प्रकृति को दर्शाता है। सूर्य से पृथ्वी की दूरी एक ऐसा प्रमुख कारण है जिसके कारण यहां जीवन अस्तित्व में आया। यदि पृथ्वी सूर्य से थोड़ा और दूर होती तो यहां पानी बर्फ के रूप में ठोस अवस्था में मिलता। ऐसे में सभी महासागर जमे हुए होते तथा कार्बनिक यौगिक भंगुर होते। और यदि पृथ्वी सूर्य के निकट होती तो यहां प्रचंड गरमी पड़ती तथा पानी वाष्प के रूप में मिलता। ऐसी परिस्थिति में अधिकांश कार्बनिक यौगिक अस्थायी होते तथा कुछ ही यौगिक अस्तित्व में होते। एक बात स्पष्ट है कि कार्बन पर आधारित जीवन केवल एक सीमित तापमान के दायरे में ही संभव है जो कि संयोग से धरती पर मौजूद है। पृथ्वी का आकार तथा उसकी गुरुत्वाकर्षण शक्ति भी यहां जीवन के होने के विशिष्ट कारणों में से एक है। यदि पृथ्वी थोड़ी और बड़ी होती तो इसका वायुमंडल घना होता तथा सौर विकिरण धरती तक पहुंच ही न पाते। इस तरह यह सुखद संयोग ही है कि सौरमंडल में पृथ्वी की स्थिति तथा इस पर मौजूद परिस्थितियां जीवन के पूर्णतया अनुकूल रहीं अन्यथा यहां भी जीवन न होता।

कार्ल सैगन इस धारणा के एकदम विरोधी थे कि जीवन के लिए द्रवजल जरूरी है। उनके अनुसार जिस तरह वायु में तमाम सूक्ष्मजीव विद्यमान हैं उसी तरह सौरमंडल के बाहर अन्य ग्रहों एवं उपग्रहों पर जीवन होना चाहिए। अभी तक की जानकारी के अनुसार ब्रह्मांड में केवल पृथ्वी ही एक ऐसा पिंड है जहां जीवन है। हम जानते हैं कि सौरमंडल में ऐसे कई अन्य तारे हैं जिनके पास ग्रह हैं, लेकिन हमारे पास

ऐसी तकनीक नहीं है कि हम उनके ग्रहों या उपग्रहों के बारे में जान सकें और पता कर सकें कि वहां जीवन है या नहीं। एक बात साफ है कि ग्रहों का निर्माण ब्रह्मांड की दूसरी मंदाकिनियों में एक जैसा ही है। इसलिए जीवन के संभावित स्थलों में पृथ्वी के आकार के ग्रहों की खोज पहली शर्त है। लेकिन इस दिशा में खोज के लिए आवश्यक तकनीक निकट भविष्य में हमारे लिए संभव नहीं जान पड़ती।

ब्रह्मांड में अनुमानतः एक हजार करोड़ अरब (10^{20}) ऐसे तारे हैं जो भौतिक संरचना में सूर्य से मिलते-जुलते हैं। इनमें लगभग दस प्रतिशत तारे ऐसे हैं जिनके पास सूर्य की तरह अपने ग्रह हैं। ग्रहों की इतनी बड़ी संख्या में इस बात की प्रबल संभावना है कि उनमें से कुछ पर जीवन अवश्य प्रारंभ हुआ होगा। वैज्ञानिकों ने अपने सौरमंडल से बाहर कुछ ऐसे विशाल ग्रहों को चिह्नांकित किया है जो अपने तारों से उसी दूरी पर हैं जितनी दूरी पर सूर्य से पृथ्वी स्थित है। इसलिए वहां जीवन होने की संभावना है। हमारे सौरमंडल से बाहर जीवन की खोज में लगे हुए वैज्ञानिकों का मानना है कि इन विशाल ग्रहों के चंद्रमाओं पर हमारी धरती जैसी ही परिस्थितियां मौजूद हैं और वहां जीवन की काफी संभावना है। इसलिए ऐसा लगता है कि इस विराट ब्रह्मांड में हम अकेले नहीं हैं।

12

पानी के सामान्य उपयोग

हम सभी पानी के सामान्य उपयोगों से परिचित हैं। यह वास्तव में सभी प्रयोजनों की वस्तु है। हम पानी से अपनी प्यास बुझाते हैं, पानी में अपना खाना पकाते हैं तथा पानी से अपने कपड़े धोते हैं। गांव का एक व्यक्ति प्रतिदिन औसतन 10 से 50 लीटर पानी का इस्तेमाल करता है जबकि शहर का एक व्यक्ति 100 से 500 लीटर पानी इस्तेमाल करता है। प्रयोग में लाये जाने वाले पानी की मात्रा पानी की उपलब्धता पर निर्भर करती है। पानी आनंद एवं खुशियों में भी उतना ही अहम् है। पानी के फव्वारे, नदियां तथा कलकल-छलछल की मधुर ध्वनि के साथ बहने वाले झरने सदैव से मानव के लिए आकर्षण एवं प्रेरणा के स्रोत रहे हैं। पानी का उपयोग मानव तक ही सीमित नहीं है, बल्कि जानवरों के लिए भी वह उतना ही उपयोगी है। पानी सभी प्राणियों एवं वनस्पतियों के लिए अपरिहार्य है।

उद्योगों में पानी की व्यापक उपयोगिता है। रसायन, कपड़ा, चमड़ा, प्लास्टिक, लोहा एवं स्टील, कागज एवं लुगदी के साथ तमाम अन्य उद्योग-धंधों में पानी की बहुत महत्वपूर्ण भूमिका है। तापविद्युत, जलविद्युत तथा नाभिकीय संयंत्रों में पानी शीतलक के रूप में प्रयुक्त होता है। पानी की उपयोगिता का वर्णन करने के लिए केवल एक उदाहरण ही काफी होना चाहिए। एक मोटरकार पर उसके कलपुर्जों के निर्माण से लेकर उसके तैयार होकर कारखाने से बाहर आने तक एक लाख लीटर पानी का इस्तेमाल होता है। इसमें लगभग 60 हजार लीटर पानी उसके कलपुर्जे बनाने में तथा 40 हजार लीटर पानी उन्हें जोड़ने के दौरान इस्तेमाल होता है। मोटर वाहनों में इस्तेमाल होने वाले हर एक लीटर पेट्रोलियम के शोधन पर 50 लीटर पानी लगता है। उद्योग-धंधों में किसी भी दूसरी चीज की उतनी मात्रा में जरूरत नहीं होती जितनी कि पानी की। रसायन, दवा, रंग-रोगन, बीयर के निर्माण जैसे उद्योगों में पानी मुख्य सामग्री है। यही बात लगभग हर उस चीज के साथ लागू होती है जिसे आज का आधुनिक समाज अपने नित्यप्रति के जीवन में इस्तेमाल करता है। हम जो खाना खाते हैं या जो कपड़े पहनते हैं, जिस मकान में हम रहते हैं या फिर जो किताब हम पढ़ते हैं, ये सभी एक लंबी प्रक्रिया में गुजरकर तैयार होते हैं और इस प्रक्रिया

के हर चरण में कमोबेश पानी जरूरी होता है। सभी कल-कारखानों में पानी शीतलक के रूप में प्रयोग किया जाता है। ऐसा इसलिए क्योंकि पानी की विशिष्ट ऊष्मा काफी अधिक होती है जिसके कारण उसके तापमान में परिवर्तन धीरे-धीरे होता है। पानी का प्रयोग केवल शीतलक के तौर पर ही नहीं होता, बल्कि ठंडे प्रदेशों में कमरों को गर्म रखने के लिए भी इसका प्रयोग होता है। यूरोपीय देशों में ठंडे दिनों में पाइप लाइन के द्वारा गर्म पानी प्रवाहित करते हैं, जिससे कमरा गर्म रखा जाता है। चिकित्सा में सेंक के लिए गर्म पानी की थैली का प्रयोग होता है। तेज बुखार से शीघ्र राहत पहुंचाने के लिए चिकित्सक रोगी के माथे पर ठंडे पानी की पट्टी या बर्फ की थैली रखने की सलाह देते हैं।

पानी का सबसे अधिक उपयोग खेतों में सिंचाई के लिए होता है। एक किलोग्राम गेहूं पैदा करने के लिए लगभग 1500 लीटर पानी की जरूरत होती है। उसी तरह एक किलोग्राम चावल के लिए इससे लगभग तीन गुना पानी लग जाता है। प्रस्तुत पुस्तक के पन्नों के निर्माण में सैकड़ों लीटर पानी लग गया है। मानव सभ्यता के प्रभात से ही पानी मानव से जुड़ा रहा है। आग जलाना सीखने के बाद जब मानव ने कृषि और पशुपालन सीखा तो उसके लिए पानी की उपयोगिता और बढ़ गयी। सभ्यता के विकास के साथ पानी की खपत भी बढ़ती गयी। ईसा से तीन हजार साल पहले मेसोपोटामिया के लोग सिंचाई के लिए पानी का इस्तेमाल करते थे। **सिरेक्यूज के आर्किमिडीज** (287-212 ई.पू.) ने पानी निकालने की मशीन बनायी थी। इसे आर्किमिडीज का स्क्रू कहते हैं। मिस्र स्थित नील नदी के मुहाने के क्षेत्रों की सिंचाई के लिए सदियों तक ऐसे पंपों का इस्तेमाल होता रहा है। प्राचीन काल में सिंचाई के लिए नदियों, झीलों एवं तालाबों के पानी का इस्तेमाल होता था। बाद में पानी के भंडारण एवं सुविधाजनक इस्तेमाल के लिए मानव ने बांध बनाने प्रारंभ किये, नहरें खोदनी प्रारंभ कीं तथा कृत्रिम जलकुंडों का निर्माण आरंभ किया। इनमें एकत्रित जल का प्रायः गरमी के दिनों में प्रयोग होता था जब प्रायः पानी की कमी होती है।

पहले की सभ्यताओं में धूपघड़ी की तरह समय के लिए जलघड़ी का प्रयोग होता था। संभवतः सबसे पहले प्राचीन मिस्र में इस तरह की घड़ी का प्रयोग किया गया था। जलघड़ी में एक जार होता था जिसके पेंदे में एक या एक से ज्यादा छिद्र होते थे। जल की एक निश्चित मात्रा को बाहर निकलने में लगे समय के आधार पर काल का आकलन किया जाता था। इस पुरातन युक्ति से मध्य समय का आकलन नहीं किया जा सकता था। इसे और सटीक तथा उपयोगी बनाने के लिए बाद में इसमें कुछ सुधार भी किये गये। ऐसा विश्वास किया जाता है कि पहली सदी ईसवी में प्रतिभाशाली यूनानी **अलेक्जैंड्रिया के हेरो** ने भाप की शक्ति के लिए पानी का प्रयोग किया। ईसा पूर्व पहली सदी में मध्यपूर्व में अनाज पीसने के लिए पनचक्की

का इस्तेमाल होता था। चक्की में एक शाफ्ट लगा होता था जो पानी की धारा के साथ घूमता था। शाफ्ट के घूमने के साथ ऊपर स्थित चक्की के पत्थर घूमते थे। पत्थरों के बीच रखा अनाज पत्थरों की गति के कारण पिसकर आटे में बदल जाता था। हालांकि ये चक्कियां धीमी जरूर थीं, लेकिन वे करीब दो सहस्राब्दियों तक उपयोग में आती रहीं।

सन् 1698 में **थामस सेवरी** द्वारा भाप के इंजन का आविष्कार विज्ञान के इतिहास में मील का एक पत्थर है। उन्होंने खदानों से पानी निकालने के लिए पंप बनाया और उसका पेटेंट कराया। यह पंप भाप द्वारा उत्पन्न चूषक दाब से कार्य करता था। कुछ वर्ष बाद 1705 में **थामस न्यूकोमेन** ने पहले प्रायोगिक भाप इंजन की खोज की। भाप का इंजन औद्योगिक क्रांति का मूल रहा है। इसका कल-कारखानों तथा कोयले की खानों के साथ-साथ जलीय एवं स्थलीय वाहनों को खींचने के लिए प्रयोग होता था। इस तरह पानी जैसी एक प्राकृतिक शक्ति का प्रयोग प्रारंभ हुआ।

ऊर्जा उत्पादन में पानी की काफी अधिक मात्रा ऊंचाई से बड़ी-बड़ी टरबाइनों पर गिराई जाती है। विद्युत पैदा करने के लिए पानी की स्थितिज ऊर्जा का टरबाइन चलाने में प्रयोग होता है। नहरों द्वारा बांधों में एकत्रित जल को दूर स्थित खेतों की सिंचाई एवं औद्योगिक इस्तेमाल के लिए भेजा जाता है। हमारे देश में जलविद्युत की काफी क्षमता एवं संभावनाएं हैं, लेकिन अभी हम उसके केवल एक अंश का ही दोहन कर रहे हैं।

जलमार्ग परिवहन में काफी उपयोगी होने के साथ-साथ सस्ता भी है। पुराने जमाने में यह परिवहन का एक मुख्य माध्यम हुआ करता था। अंतर्देशीय परिवहन के लिए नदियों का इस्तेमाल बहुत पहले से होता रहा है। परिवहन के अतिरिक्त आश्रय प्रदान करने में भी जल की विशेष भूमिका है। कश्मीर और केरल में बहुत से लोग झीलों और नदियों पर हाउसबोटों में रहते हैं। यह नाव पर ही लकड़ी का बना घर होता है। ये हाउसबोट जरूरत के अनुसार एक जगह से दूसरी जगह ले जाये जा सकते हैं। यहां के लोग मत्स्य-पालन, फूलों की खेती या फिर सवारी ढोकर अपनी जीविका कमाते हैं। ऐतिहासिक स्वेज और पनामा नहरों ने तो विश्व स्तर प्रर वाणिज्य और व्यापार का नक्शा ही बदल दिया। मानव निर्मित इन नहरों ने महाद्वीपों के मध्य दूरियां हजारों मील कम कर दी।

हमारे देश में लगभग 30 प्रतिशत कृषि भूमि को ही सिंचाई की सुविधा प्राप्त है। बाकी खेती वर्षा पर ही निर्भर है। इस बात के प्रयास किये जा रहे हैं कि अगले 15-20 वर्षों में इसे बढ़ाकर 50 प्रतिशत तक कर दिया जाये। यही कारण है कि हमारे देश की कृषि अधिकतर मानसून पर निर्भर है। जब भी कभी मानसून ठीक नहीं होता उस साल देश की अर्थव्यवस्था को झटका लगता है तथा आर्थिक लक्ष्य पिछड़ जाते हैं। हिमालय से निकलने वाली गंगा और यमुना जैसी हिमपोषित नदियां

मैदानी इलाकों की जीवन-रेखा हैं। इन नदियों द्वारा लाये गये तलछट के जमा होने से मैदानों की मिट्टी दोमट होती है। यह काफी उपजाऊ होती है। यही कारण है कि इस उर्वर क्षेत्र में मानव प्राचीन काल से रहता आया है।

हमारे देश में लगभग 6 लाख गांव हैं। इनमें से हर छठवें गांव में पीने के साफ पानी की व्यवस्था नहीं है। सुदूर स्थित कुछ क्षेत्रों में तो स्थिति भयावह है। गांवों में सामान्यतया कुएं और तालाब ही जल के स्रोत होते हैं। प्रायः इनकी उचित देखरेख भी नहीं होती। ऐसे में ये स्रोत अधिकतर प्रदूषित ही होते हैं। गांववासी घरेलू कामों के लिए पानी के इन्हीं स्रोतों का प्रयोग करते हैं। उद्योगीकरण ने साफ-सफाई की स्थिति को और बिगाड़ दिया है। औद्योगिक क्षेत्रों में तो भूमिगत जल तक के प्रदूषित हो जाने की आशंका व्यक्त की गयी है। ऐसे में पीने के पानी का संकट पैदा हो जाने का खतरा उत्पन्न हो गया है। हमारे देश में जल प्रदूषण की स्थिति बहुत ही दयनीय और निराशाजनक है। गंगा नदी जो एक समय अपने शुद्ध और पावन जल के लिए विख्यात थी, आज प्रदूषण की चपेट में है। अध्ययन से पता चला है कि गंगा का पानी केवल पीने के ही अयोग्य नहीं, बल्कि अब यह नहाने के काबिल भी नहीं रहा है। गंगा में डुबकी लगाने से चर्मरोग हो जाने की आशंका व्यक्त की गयी है।

हम खाना पकाने के लिए पानी का प्रयोग करते हैं। पानी का तापमान बढ़ाने के लिए काफी ऊष्मा की जरूरत होती है। गरम करने के दौरान पानी द्वारा ली गयी ऊष्मा भोजन पकाने में प्रयुक्त होती है। पकाने में लगने वाले समय और ईंधन बचाने के लिए हम प्रेशर कुकर का इस्तेमाल करते हैं। प्रेशर कुकर में दाब का मान वायुमंडलीय दाब से अधिक होता है। ऊंचे दाब पर पानी अधिक तापमान पर उबलता है। प्रेशर कुकर में यह करीब 120° से. पर उबलता है। यही कारण है कि प्रेशर कुकर में भोजन जल्दी पकता है। ऊंचे स्थानों जैसे पहाड़ों पर खाना देर से पकता है। ऐसा इसलिए क्योंकि ऊंचाई पर वायुमंडलीय दाब कम होता है। कम दाब पर पानी कम तापमान पर उबलता है। यानी यह 100° से. से कम ताप पर ही उबलने लगता है। आमतौर पर हम खाना पकाने से पहले अनाज एवं दालों को पानी में भिगो देते हैं। इससे वह जल्दी पकता है और समय तथा ईंधन की बचत होती है। भिगोने से अन्न कण पानी सोखकर फूल जाते हैं। इससे वे ज्यादा ऊष्मा अवशोषित करते हैं और जल्दी पक जाते हैं।

पानी का एक अन्य विशिष्ट प्रयोग साफ-सफाई एवं धुलाई में होता है। हम अपने कपड़ों तथा दूसरी घरेलू चीजों को पानी से साफ करते हैं। निःसंदेह इस काम में हम साबुन या डिटर्जेंट का प्रयोग करते हैं। साबुन का इस्तेमाल काफी समय से होता रहा है। प्राचीन काल में जानवरों की चर्बी को लकड़ी के चारकोल के साथ उबालकर साबुन बनाते थे। रासायनिक तौर पर साबुन वसीय अम्लों का सोडियम

लवण होता है। साबुन पानी का पृष्ठ-तनाव घटा देता है। इससे पानी कपड़े के रेशों की तह तक जाकर गंदगी को घोल देता है। सामान्य पानी शुद्ध नहीं होता, बल्कि इसमें तमाम लवण घुले होते हैं। ये लवण पानी से क्रिया करते हैं जिससे साबुन के काम में बाधा आती है। ऐसे जल को कठोर जल कहते हैं। कठोर जल सफाई के लिए उपयोगी नहीं माना जाता क्योंकि इससे साबुन का अपव्यय होता है। इसके विपरीत ऐसा जल जिसमें ये अशुद्धियां नहीं होतीं, उसे मृदु जल कहते हैं। यह कपड़े धोने के लिए उत्तम जल होता है। शुद्ध जल स्वादहीन होता है। पानी में हमें जो स्वाद मिलता है वह उसमें घुली हुई अशुद्धियों के कारण होता है। आजकल साबुन की बजाय धुलाई में अधिकतर डिटर्जेंट का प्रयोग होता है। डिटर्जेंट के काम करने का तरीका साबुन से अलग होता है। डिटर्जेंट के अणु के दो सिरे होते हैं, एक जलस्नेही तथा दूसरा जलरोधी। कपड़ों के रेशे में धूल एवं चिपकने वाले पदार्थ लगे रहते हैं। डिटर्जेंट का जलरोधी सिरा इससे जुड़ जाता है तथा दूसरा जलस्नेही सिरा पानी से जुड़ा रहता है। धुलाई के दौरान डिटर्जेंट के अणु गंदगी को कपड़े के रेशों से पानी में खींच लाते हैं। इस तरह कपड़ा साफ हो जाता है।

पानी प्रकृति की सबसे अनमोल भेंट है जो जीवन के हर क्षेत्र में तथा हर कदम पर मानव के लिए उपयोगी है। हमें चाहिए कि हम इसे संरक्षित रखें तथा इसे प्रदूषित होने से बचायें। साथ ही साथ हमें यह भी सुनिश्चित करना होगा कि देश के दूरस्थ स्थानों में रहने वाले हर व्यक्ति को पीने का साफ पानी मिले।

तरंग प्रिंटर्स, लक्ष्मी नगर, दिल्ली द्वारा मुद्रित